



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 V ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Самара, 26–27 января 2023 г.)

Самара
2023

УДК 004
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 к.т.н., доцент кафедры «Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте» СамГУПС

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

М 55 **Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте** : материалы V Всероссийской научно-практической конференции (Самара, 26–27 января 2023 г.). – Самара : СамГУПС, 2023. – 293 с.

ISBN 978-5-98941-363-8

Сборник материалов содержит пленарные и секционные доклады, представленные на V Всероссийскую научно-практическую конференцию «Мехатроника, автоматизация, управление на транспорте» к 50-летию Самарскому государственному университету путей сообщения. 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.

Материалы сборника печатаются в авторской редакции.

УДК 621.865.8
ББК 32.81

ISBN 978-5-98941-363-8

© СамГУПС, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ	7
Авсиевич Н.А. ПРИМЕНЕНИЕ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ.....	7
Тарасов Е.М., Бредун И.С. АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИНТЕГРАЦИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АППАРАТУРУ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	12
Буштрук Т. Н., Варжицкий Л. А., Буштрук А. А. МНОГОУРОВНЕВАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА.....	14
Бусаргина К.А., Засов В.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТОХАСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПОИСКА РОЕМ СВЕТЛЯЧКОВ В ЗАДАЧАХ МНОГОЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ	19
Гаранин А.В., Никишенков С.А. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КОРРЕКТИРОВКИ НОРМАТИВНОГО РАСПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В ГИД «УРАЛ-ВНИИЖТ» С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ РОБОТОВ.....	24
Гумаров А.Р., Авсиевич А.В. ПРИМЕНЕНИЕ СВОЙСТВА ОРТОГОНАЛЬНОСТИ ФУНКЦИИ БЕССЕЛЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СИГНАЛА ОРТОГОНАЛЬНОЙ КОДОВО-ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ	27
Диязитдинов Р.Р., Васин Н.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИТЕРАЦИОННОГО АЛГОРИТМА СОВМЕЩЕНИЯ КОНТУРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПОДУКЛОНКИ РЕЛЬСА В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ.....	30
Жалилова А. А., Авсиевич А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АНАЛИЗ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ДРОБНОГО ПОРЯДКА	35
Засов В.А. УСКОРЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ МАТРИЧНОГО И МАТРИЧНО-ВЕКТОРНОГО УМНОЖЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ	40
Засов В.А., Ромкин М.В. АДАПТИВНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ КОРРЕЛИРОВАННЫХ С ПОЛЕЗНЫМИ СИГНАЛАМИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПОМЕХ.....	46
Иванов Д.В., Иванова О.С., Бурцева Е.А. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВА СОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ МНОГОМЕРНЫХ ПО ВХОДУ ДРОБНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОМЕХАМИ ВО ВХОДНЫХ И В ВЫХОДНОМ СИГНАЛАХ	51
Иванов В.М., Прачик В.П. ОБОРУДОВАНИЕ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ АВИАДИСПЕТЧЕРА	53
Куляпин Д. В. ТЕХНОЛОГИЯ «ЦИФРОВОЙ ПРИЕМОСДАТЧИК»	56
Никишенков С. А. ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ.....	59
Никишенков С. А., Халаева С.Н. ДИАГНОСТИКА КОНКУРИРУЮЩИХ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ТЕОРЕМЫ О РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИИ ОПЕРАЦИЙ	63
Сабанцев А.В., Хохрин А.С., Юсупов Р.Р. РАДИОБЛОКИРОВКА КАК СПОСОБ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ.....	66
Сандлер И.Л., Антонова В.В., Козлов Е.В., Кормаков А.А. ТЕСТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РАБОТЫ АЛГОРИТМА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ МНОГОМЕРНОЙ ЛДС С ПОМЕХАМИ НАБЛЮДЕНИЙ ВО ВХОДНЫХ СИГНАЛАХ	70
Сергеев В.А., Кровяков В.Б., Шамрай А.А., Рубцов В.А СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ГРУЗОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ СЛУЖБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ СОВРЕМЕННЫХ АЭРОДРОМОВ БАЗИРОВАНИЯ АВИАЦИИ.....	73
Степовая Д.А., Сафронова И.А. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЯГОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ	80

Федорова Я.Е. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УМНОГО ДОМА В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ	83
СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ	87
Аглиулин А.Д., Козлов В. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ V2V В АВТОМОБИЛЯХ 3PL LOGISTICS	87
Буштрук А. А., Буштрук Т. Н., Царыгин М. В. АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЯ	89
Дубцова Я.Р., Козлов В.В. GPS СИСТЕМА ДЛЯ ТРАНСПОРТА	93
Каплан А.А., Козлов В. В. ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ	95
Каплан А.А., Козлов В. В. ПРИНЦИП МОДЕЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ПРОБОК	97
Кельчина А.А, Додонов М.В. РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ГРУЗОВОГО ДВОРА ЖД СТАНЦИИ	99
Кинжалеева К.М., Козлов В.В. РОЛЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ	102
Любчик И.Д., Нестеренко И.С., Нестеренко Г.А. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ ТОПЛИВА В ТОПЛИВНУЮ МАГИСТРАЛЬ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ	104
Надежкин В.А., Сарычева С.А., Чудаков Л.А. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	107
Папиrowsкая Л.И., Липатова М.Н. ВЫЯВЛЕНИЕ РИСКОВОГО ПОВЕДЕНИЯ РАБОТНИКОВ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ	110
Печорин А.С., Каменнов П.Г., Гаранов И.А., Первов А.П., Авсиевич В.В. РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА «ГОЛОС ЭКСПЕРТА»	114
Пыжикина В.С., Скибин Ю.В. ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ	118
Рыжов В. Ю. ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНЫХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	121
Трифонов Г.И., Жачкин С.Ю. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ	123
Чернова.А.А. Козлов.В.В ЛЕТАЮЩИЕ АВТОМОБИЛИ	127
Чернова.А.А., Козлов.В.В БЕСПИЛОТНЫЙ АВТОМОБИЛЬ	129
СЕКЦИЯ 3. МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА НА ТРАНСПОРТЕ	133
Антонова В.В., Сандлер И.Л. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ СВЕРЛИЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА МЕТОДОМ РАЗБИЕНИЯ НА ГРУППЫ	133
Антонова В.В., Кормаков А.А., Терехин М.А., Бурцева Е.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА КРИВОШИПНОГО ПРЕССА	138
Башаркин М. В. ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ХОЗЯЙСТВА АВТОМАТИКИ ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА ОСНОВЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	142
Безъязыкова Л.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ОХЛАЖДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКСТРУЗИОННОЙ ЛИНИИ	145
Безъязыкова Л.А., Бурнаевский Д.К., Зарипов Р.А. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХЛАЖДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКСТРУЗИОННОЙ ЛИНИИ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА	148
Брагина И.Н. 3D-МОДЕЛЬ ПОВОРОТНОГО СТОЛА ДЛЯ УСТРОЙСТВА СКАНИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ	152
Брагина И.Н., Сургучёв И.В., Припутников А.П. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРИВОДНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ РОБОТА МАНИПУЛЯТОРА	154

Бурнаевский Д.К. РАЗРАБОТКА МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ТРЕХКООРДИНАТНОГО УДАРНО-ТОЧЕЧНОГО МАРКИРОВОЧНОГО СТАНКА С ЧПУ	159
Бурнаевский Д.К., Рудаков А.А., Припутников А.П. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЛАБОРАТОРНОГО ТРЕХКООРДИНАТНОГО УДАРНО- ТОЧЕЧНОГО МАРКИРОВОЧНОГО СТАНКА С ЧПУ	164
Воробьев А.А., Конограй О.А., Чистяков Э.Ю. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ РЕСУРСА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС С ВЫЩЕРБИНАМИ	168
Зарипов Р.А., Воссин В.А., Терехин М.А. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА	172
Козлов Е.В., Воссин А.В., Лебакин И.В. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАМАТЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКСТРУЗИОННОЙ ЛИНИИ	177
Лебакин И.В., Воссин А.В., Козлов Е.В. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ НАМАТЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКСТРУЗИОННОЙ ЛИНИИ	181
Лебакин И.В. РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ ГИДРОЦИЛИНДРА ГЦ125.50.200	186
Михальчук В.В., Нестеренко И.С., Нестеренко Г.А. ВПРСЫК ВОДО-МЕТАНОЛА В ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	189
Портнов А.А., Калугин Д.С. МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КРАНА-МАНИПУЛЯТОРА НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО РЕЛЕ PP-114-224.8D4A	191
Припутников А.П., Брагина И.Н., Сургучёв И.В. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РОБОТА МАНИПУЛЯТОРА	196
Сургучёв И.В. ТРЁХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ РОБОТА МАНИПУЛЯТОРА	199
Талызин В.С., Нестеренко И.С., Нестеренко Г.А. ГАЗОДИЗЕЛЬНЫЙ ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ ГАЗА	203
Терехин М.А., Рудаков А.А., Зарипов Р.А., Иванов Д.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ КОНВЕЙЕРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КОРОБОК НА МАКЕТЕ СОРТИРОВОЧНОЙ ЛИНИИ	205
 СЕКЦИЯ 4. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ. ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ	 211
Авсиевич А.В., Авсиевич В.В., Ярыгин С.В., Колягин И.К. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО СЛИЧЕНИЯ ТЕНЕВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И 3D МОДЕЛЕЙ ЗАПРЕЩЁННЫХ ПРЕДМЕТОВ	211
Быков И.Ю., Козлов В.В. ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ЛОГИСТИКЕ	216
Губачева К. С. КРИТЕРИИ КОЛМОГорова-СМИРНОВА И χ^2 -КВАДРАТ ДЛЯ ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ	218
Исайчева Н. А., Башаркин М. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИНОТКАЗОВ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ НА ОСНОВЕ 3D МОДЕЛЕЙ	220
Кинжалеева К.М., Козлов В.В. ПРИМЕНЕНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В АВТОМОБИЛЯХ	222
Колягин И.К., Авсиевич В.В. СИСТЕМА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РЕНТГЕНОТЕЛЕВИЗИОННЫХ УСТАНОВКАХ	224
Кочетова А.О., Надежкин В.А., Чудаков Л.А. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ КОМПЛЕКСЕ	228
Куршева А. А. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ	232

СЕКЦИЯ 5. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	235
Аглиулин А.Д., Козлов В.В. 3PL ЛОГИСТИКА.....	235
Болгов С.А ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ: КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.....	236
Болгова Е.В. АЛГОРИТМ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОАО «РЖД».....	240
Быков И.Ю., Козлов В. В. НЕЙРОННЫЕ СИСТЕМЫ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ.....	243
Додорина И.В. ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ЛОГИСТИКУ.....	245
Додорина И.В. ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЛОГИСТИКИ.....	248
Дорошенко А.Б., Емцова И.И., Гуляев А.Г., Жукова С.И. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ МОНИТОРИНГА СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	251
Егорова И.Н. КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ.....	255
Елина А.М., Лисюкова Е.В. ПОЛЬЗА И РИСКИ БОНДОВЫХ СКЛАДОВ В РОССИИ.....	259
Зюрина О.А., Гущина П.А. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЛОГИСТИКЕ: ТРАНСПОРТНЫЕ КЕЙСЫ.....	261
Кизимиров М.В. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОМ.....	264
Кизимиров М.В., Щепеткова К.А. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛОГИСТИКЕ И УПРАВЛЕНИИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК.....	266
Климова В.В. МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	268
Кузнецова Е.Ю., Овсянников Д.А. ОБРАТНАЯ ЛОГИСТИКА КАК ОТВЕТСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЧНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ВЫШЕДШИХ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	271
Саадов Р.С., Алексахина О.В. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ.....	276
Салахов Т.А. ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ЗАДАЧИ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛЮ СПОСОБСТВУЮЩИЕ РАЗВИТИЮ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ.....	278
Серяпова И.В. МЕТОДЫ ФОРСАЙТА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ.....	280
Фаюстов А. А., Одиноков С. А. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АНАЛИЗА ДАННЫХ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ.....	283
Хайтбаев В.А, Дорошев С.С. РАЦИОНАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОВАРОДВИЖЕНИЯ.....	287
Щепеткова К.А., Веселова Ю.В. АНАЛИЗ ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЛОГИСТИКУ СКЛАДИРОВАНИЯ.....	291

СЕКЦИЯ 1

Автоматизированные системы обработки информации и управления на транспорте

УДК 004

ПРИМЕНЕНИЕ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Авсиевич Н.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В работе рассмотрен способ определения параметров железнодорожного пути подуклонки рельса и его перемещения с помощью датчика измерения ускорения под воздействием подвижного состава. Делается предположение о возможности оценки ширины калы и состояния балластного слоя по данным колебания рельса.

Ключевые слова: подуклонка рельса, прогиб рельса, ускорение, балластный слой.

APPLICATION OF ACCELEROMETERS ON RAILWAY INFRASTRUCTURE

N.A. Avsievich

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The paper considers a method for determining the parameters of the railway track of the rail slope and its movement with the help of an acceleration measurement sensor under the influence of rolling stock. An assumption is made about the possibility of estimating the width of the hookah and the state of the ballast layer according to the rail oscillation data

Keywords: sub-slope of the rail, rail deflection, acceleration, ballast layer.

Движение поезда по железнодорожному пути вызывает его колебания с разной амплитудой и частотой в зависимости от веса вагонов, входящих в подвижной состав и скорости передвижения. Возникающие колебания при движении поезда влияют на состояние железнодорожного пути и сроки его эксплуатации, чем интенсивней колебания, тем быстрее сокращается срок его службы. Характеристики колебаний железнодорожного пути можно измерять с помощью датчиков измерения ускорения (акселерометров) [1] и с помощью дальнейшей аналитической обработки полученных данных определять, скорость, амплитуду колебаний и частоту колебаний рельсошпальной решетки. Согласно проводимым исследованиям по данным измерения ускорения рельс возможно определения просадки пути [2], а также определение напряженно-деформированного состояния элементов железнодорожного с применением методов математического моделирования [3, 4]. Развивая методы исследования определения состояния железнодорожного пути по косвенным измерениям в нашем случае ускорение, требует непрерывного развития средств измерения. В настоящее время идет разработка прототипа программно-аппаратного комплекса (ПАК) по измерению ускорения рельс железнодорожного пути [5–7]. На первом этапе программно-аппаратный комплекс разработан на базе контролера Arduino UNO и акселерометра ADXL335. Вид прототипа ПАК представлен на рис. 1. Также, ПАК комплекс можно применять для проведения исследования состояния железнодорожного пути, выявления опасных участков, исследования редких явлений, например, создания условий для возникновения резонанса при взаимодействии железнодорожного пути и вагона [8].

В процессе работы с ПАК возникло множество вопросов к точности получаемых данных, а особенно к точности данных, полученных с помощью дополнительной математической обработки. Согласно приведенным характеристикам работы акселерометра ADXL335 (паспортным данным) [9], чувствительность находится в пределах от 270 до 330 мВ/г, что подразумевает калибровку устройства.



Рис. 1. Программно-аппаратный комплекс измерения ускорения рельс железнодорожного пути

Калибровка акселерометров 1 (крепление датчика полностью коричневое рис. 1) и 2 (крепление датчика с розовой половиной рис. 1) проведем, снимая значения ускорения по трём осям акселерометра. Снимем значения с акселерометра при углах 0° , 90° , 180° и 270° и занесём в таблицу 1. Таблица показывает углы поворота акселерометра и соответствующие им значения выхода значения акселерометра по трем осям для первого и второго датчиков в вольтах, а также приводит статическое ускорение для углов поворота 0° и 180° .

Калибровка акселерометра и определение значения чувствительности по каждой оси X, Y, Z датчика проведем по формуле:

$$S_z = Z(0^\circ) - Z(90^\circ),$$

где $Z(0^\circ)$, $Z(90^\circ)$ – численное значение напряжения при положении акселерометра при наклонах в 0° , 90° для оси Z. Аналогично чувствительность вычисляется и для осей X, Y. После определения чувствительности для каждого датчика полученные результаты занесены в таблицу 1. Как видно из таблицы 1, в некоторых случаях чувствительность превышает паспортную, что говорит о необходимости дополнительного контроля при выборе и установке таких датчиков.

Для апробации ПАК измерения ускорения рельс железнодорожного пути поведено испытание на дистанции Куйбышевской дороги. В ходе испытания были установлены акселерометры на железнодорожный пути 1-й датчик на правый рельс, 2-й датчик левый как видно из рис. 2. Ось X направлена вдоль рельс, ось Y поперек и ось Z вертикально. Из полученных данных ускорения (рис. 3) при прохождении поезда предположительно можно вычислить подуклонку рельса в момент отсутствия динамического воздействия поезда, которая является одним из важных параметров железнодорожного пути.

Градуированная таблица статического напряжения по осям акселерометра

Угол, градусы	Напряжение на выходе, В	Ускорение, м/с ²	Чувствительность, В/g
X1			
0	1,61	0	0,330
90	1,94	1	
180	1,61	0	
270	1,28	-1	
Y1			
0	1,61	0	0,360
90	1,97	1	
180	1,65	0	
270	1,31	-1	
Z1			
0	1,65	0	0,330
90	1,98	1	
180	1,65	0	
270	1,32	-1	
X2			
0	1,65	0	0,330
90	1,98	1	
180	1,64	0	
270	1,31	-1	
Y2			
0	1,65	0	0,340
90	1,99	1	
180	1,65	0	
270	1,34	-1	
Z2			
0	1,75	0	0,310
90	2,06	1	
180	1,73	0	
270	1,4	-1	



Рис. 2. Программно-аппаратный комплекс измерения ускорения

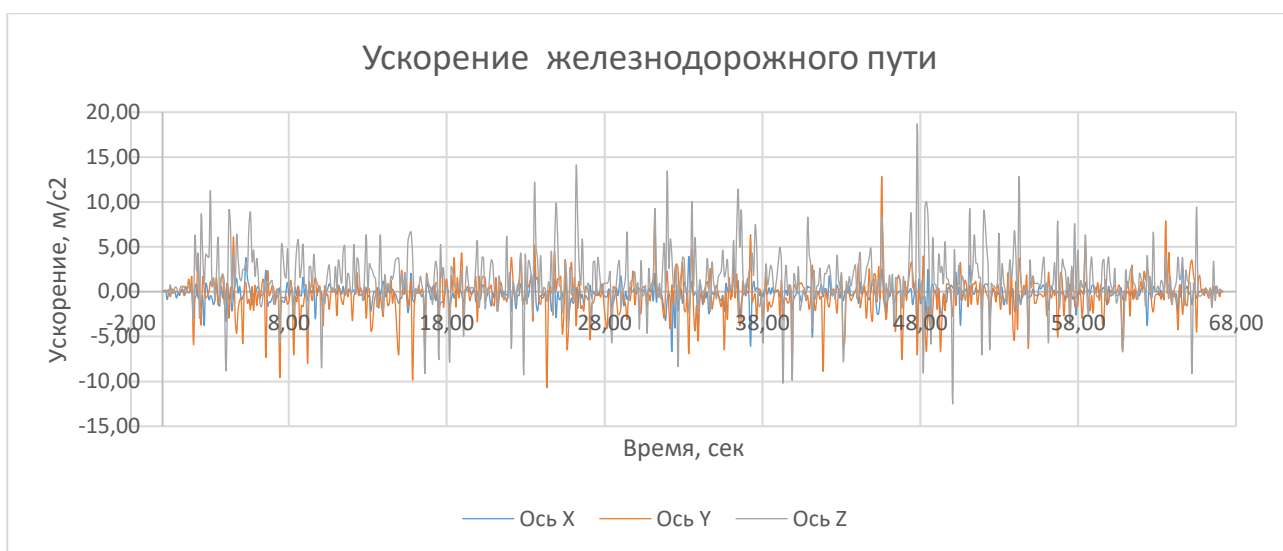


Рис. 3. Ускорение по трем осям правой рельсы (датчик 2)

Подуклонка рельса определяется углом поворота акселерометра на правом и левом рельсе в момент отсутствия поезда по выражению

$$angle ZY = \frac{180}{\pi} \arctan \left(\frac{G_z}{G_y} \right), \quad (1)$$

где G_z и G_y – значение в вольтах акселерометра, $\frac{180}{\pi}$ – коэффициент перевода из радиана в градусы. Значение подклинка рельса в среднем в статическом режиме составляет 4.09 градуса, что сопоставимо с замерами инклинометром равными 4.14 градуса, погрешность составляет всего 1,2 %.

Еще одним важным параметром характеризующий путь – просадка пути. Но стационарными датчиками её оценить невозможно, но можно оценить прогиб пути при разных нагрузках на ось вагона. Вычисление прогиба пути поданным ускорения возможно двойным интегрированием или по формуле равномерного движения определения пройденного пути от ускорения. Прогиб рельс под действом поезда приведен на рис.4.

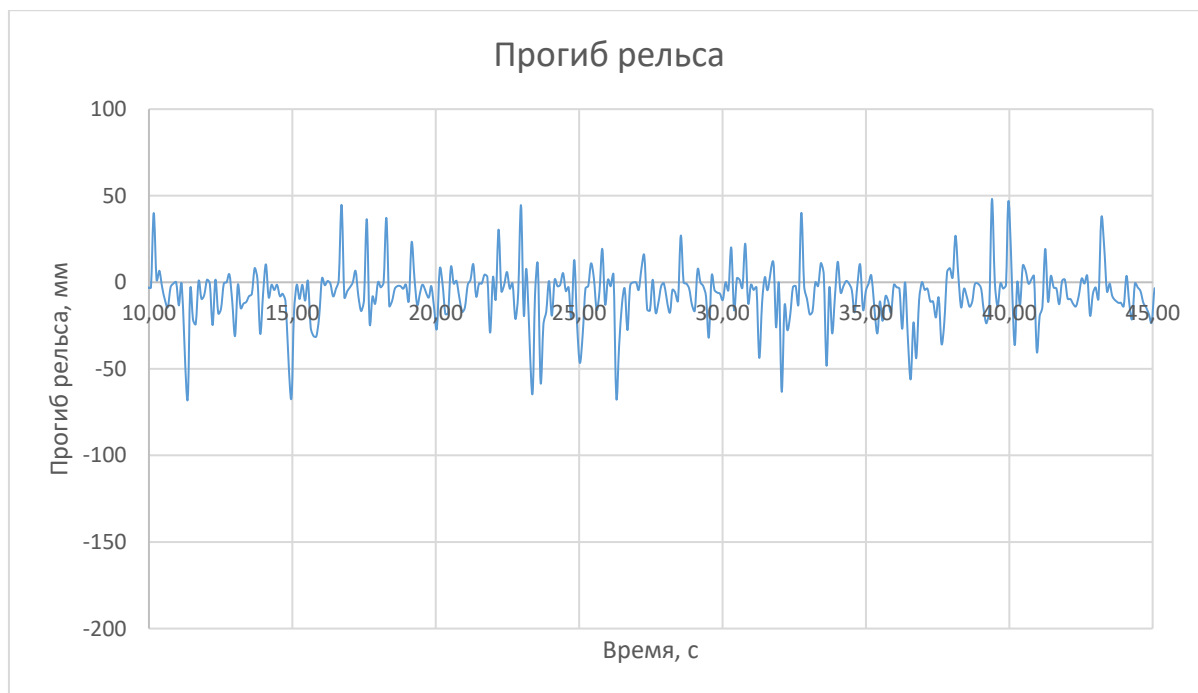


Рис. 4. Прогиб правой рельсы

По прогибу рельса можно оценить состояние балансного слоя железнодорожного полотна. Опираясь на то, чем глубже просадка рельса, тем хуже упругость балластного слоя. Как видно из рис.4. амплитуда колебания рельс по действием нагрузки колёсной пары на рельс составляет чуть больше 110 мм, прогиб по действием поезда 68 мм. Если прогиб рельса с течением времени по действием поезда будет увеличиваться, то данный факт может говорить о локальном оседании балластного слоя. В этом случае может просадка не наблюдаться, но при прохождении подвижного состава рельс будет опускаться и тем самым вызывать боковое или продольное раскачивание вагона. И если совпадение частоты появления прогибов рельса и частотных характеристик вагона, так как вагон представляет колебательную систему из – за наличия в нем пружин, может возникнуть резонанс [8].

Также по вычислению параметров подклинка правого и левого рельса, при установке акселерометров на одном срезе, возможно вычисление ширины калы в статическом и динамическом режимах. Но при этом необходимо иметь первоначальное значение ширины калы. Откуда следует, что при статическом режиме имеем ширину калы без нагрузки на рельсы, а в динамическом режиме наблюдать влияние подвижного состава на изменение ширины калы.

Применение акселерометров на железнодорожной инфраструктуре еще мало изучено. Робкие попытки изучения способов применения дают надежду на широкое применение в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Avsievich A. и др. Railway track stress–strain analysis using high-precision accelerometers // Applied Sciences (switzerland). 2021. Т. 11. № 24.
2. Авсиевич А.В., Авсиевич В.В., Авсиевич Н.А. О возможности стационарных систем измерения просадки железнодорожного пути // Вестник Самгупс. 2021. № 4 (54). С. 68–74.
3. Nodir B., Ulug’Bek E. Modeling of the force impact from rolling stock on the railway track: 11-7 (104) // Universum: технические науки. Россия, Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Международный центр науки и образования», 2022. № 11-7 (104). С. 56–58.
4. Авсиевич А.В., Овчинников Д.В. Определение напряженно-деформированного состояния элементов железнодорожного пути на основе измерения ускорений и математического моделирования // Вестник Транспорта Поволжья. 2022. № 1 (91). С. 34–42.
5. Трифонова Н.В., Авсиевич Н.А. Система сбора и обработки данных динамических параметров пути // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 марта 2020 года. Самарский государственный университет путей сообщения, 2020. С. 84–88.
6. Авсиевич Н.А., Залесов Н.А. Экспериментальный образец информационно-измерительной системы фиксации ускорения верхнего строения пути // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 марта 2020 года. Самарский государственный университет путей сообщения, 2020. С. 94–96.
7. Авсиевич Н.А. Измерительный комплекс регистрации и первичной обработки ускорений // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 Января 2021 года. Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. С. 16–19.
8. Авсиевич А.В., Чертыковцева Н.В., Авсиевич В.В. О возможности возникновения резонансных явлений при движении подвижного состава // Вестник Транспорта Поволжья. 2018. № 2 (68). С. 56–61.
9. Как работает акселерометр? Взаимодействие ADXL335 с Arduino [Электронный ресурс]. URL: <https://radioprogram.ru/post/751> (дата обращения: 13.01.2023).

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИНТЕГРАЦИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АППАРАТУРУ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Тарасов Е.М., Бредун И.С.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной статье представлен анализ методов, алгоритмов и классификаторов машинного обучения при создании цифровых двойников для объектов железнодорожной инфраструктуры. Возможность интеграции систем, основанных на искусственном интеллекте дополненных машинным обучением, могут заметно снизить трудозатраты на эксплуатацию.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, цифровой двойник, железнодорожная инфраструктура.

ANALYSIS OF THE PROSPECTS FOR THE INTEGRATION OF DIGITAL DOUBLES ON BASED ON CONDITION MONITORING USING MACHINE LEARNING IN RAILWAY INFRASTRUCTURE EQUIPMENT

Tarasov E.M., Bredun I.S.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. This article presents an analysis of methods, algorithms and classifiers of machine learning when creating digital doubles for railway infrastructure facilities. The possibility of integrating systems based on artificial intelligence supplemented by machine learning can significantly reduce the labor costs of operation.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, digital twin, railway infrastructure.

Связь физической системы (такой как элементы реле, датчики и т.д.) и кибернетического аспекта (такого как управление данными, обработка и коммуникация) тесно сочетается в современных формулировках мониторинга состояния (МС). Было показано, что изоляция кибер- и физических аспектов МС на основе беспроводной связи является неоптимальной. С наступлением индустрии 4.0 Интернет вещей (IoT) станет следующим важным шагом для мониторинга производительности в режиме реального времени и улучшения прогнозируемого обслуживания с помощью новых решений в алгоритмах машинного обучения (МО). Концепция цифрового двойника, как часть МС предоставила бы возможность достичь более высокого уровня автоматизации и прозрачности управления железнодорожной инфраструктурой. Цифровая копия структуры в домене «digital twin» создается для объединения, обработки и анализа информации и генерации новых данных. В некоторых текстах цифровой двойник определяется как цифровое представление объекта реального мира в контексте кибер-физических систем.

На сегодняшний день уже существуют цифровые двойники железнодорожных объектов инфраструктуры, но основной метод их эксплуатации – обучение человека. Концепция цифрового двойника для аппаратуры железнодорожной автоматики также заняла свое место в обучающих структурах ОАО «РЖД». С использованием 3D-моделирования сложности в процессе анализа неисправности можно преодолеть даже вновь прибывшим работникам железнодорожного транспорта за счет улучшения UX/UI составляющей. Анализ, основанный на данных, имеет наиболее важное значение в области цифровых двойников. В рамках аналогичного подхода концепция глубокого цифрового двойника используется модель с активными данными, чтобы обойти практическое ограничение цифрового двойника, управляемого моделью. Так же в качестве фреймворка глубокого обучения можно использовать генеративную-состязательную сети (ГСС) для обнаружения, диагностики и прогнозирования неисправности в устройствах аппаратуры железнодорожных АТС. ГСС –

это алгоритм машинного обучения без учителя, построенный на комбинации из двух нейронных сетей, одна из которых генерирует образцы, а другая старается отличить правильные (подлинные) образцы от неправильных.

Бывают случаи, когда использование одного подхода, основанного на данных, может быть недостаточно для удовлетворения сегодняшних требований МС. Одним из основных препятствий на пути создания решений для мониторинга, основанных исключительно на данных, является отсутствие данных для обучения. Хотя теоретически можно разработать высокоточные и взаимозаменяемые системы МС, основанные на физическом состоянии объектов, и отсутствие данных не является основной проблемой на первых этапах разработки и интеграции. Подход, основанный на модели, включает неопределенность и ошибки моделирования для упрощения и пропусков данных из-за высокой вычислительной нагрузки. Таким образом, в последние годы были предприняты шаги к синергетической интеграции этих двух подходов таким образом, чтобы они сохраняли свои достоинства и в то же время разумным образом уменьшали недостатки. Следовательно, системы МС на основе МО с физическим управлением начали сочетать оба метода обнаружения повреждений. Например, использование интерактивных образов с искусственным интеллектом (ИИ) таким образом, что основанная на физической модели функция потерь определяет разницу между выводом ИИ и результатами обновления модели конечных элементов (МКЭ). Благодаря такому взаимодействию ИИ может хорошо учиться и обнаруживать повреждения при тестировании на неиспользуемых данных. Внедрение может как успешно улучшить общность ИИ, так и повысить производительность обновления МКЭ за счет уменьшения неопределенности. Измерения берутся с физического двойника для калибровки стохастической вычислительной модели для имитации реакции системы с учетом неисправностей и их местоположения. Предполагается, что виртуальный домен будет являться классификатором МО, который сможет обнаруживать неисправности с помощью различных классификаторов, таких как «Метод опорных векторов» и «Дерево решений».

Возможная интерпретируемость, гибкость и сниженная ресурсо-затратность цифрового двойника, крайне важны для существования концепции МС вместе с классификатором ML в «облачном» пространстве. На сегодняшний день уже проведены исследования об интеграции физического моделирования с МО, которые представляют возможность оптимизированного внедрения систем МС с МО в различные структуры [3, 4].

Использование суррогатной модели глубокого обучения (ГО), основанную на физической модели, для прогнозирования спектрального отклика и в системах железнодорожной автоматики.

Вычислительная эффективность и высокие показатели прогнозирования могут позволить разработать функцию хрупкости для оценки работоспособности аппаратуры. При моделировании временных рядов сложных нелинейных динамических систем неглубокий ИИ, такой как искусственные нейронные сети, имеют явные ограничения. Управляемые физические модели, такие как свёрточные и повторяющиеся нейронные сети и ГСС, может обеспечить лучший подход, особенно в случаях сбора данных с ограничениями.

Существует большой потенциал в управляемой физикой моделью системы МС с интеграцией самых современных алгоритмов МО и ГО. Основываясь на анализе, прогрессивное совершенствование подходов, основанных на данных, и цифровых двойников на протяжении последующих лет может убедить исследователей разрабатывать симбиотические системы таким образом, чтобы фактические характеристики, основанные на математических и физических моделях, могли улучшить цифровую копию структур и снизить трудозатраты на эксплуатацию объектов железнодорожной инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быкова, Е. А. Применение цифровых технологий при реализации проектов «умных» городов: предпосылки, актуальность и проблемы на современной стадии развития // Экономика и предпринимательство. 2019. № 11 (112). С. 584–589.

2. Руденко, А. И. Инновационные технологии в системах железнодорожной автоматики и телемеханики // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте: Труды XXIV Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 25–27 ноября 2020 года. Том 1. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Иркутский государственный университет путей сообщения", 2020. С. 23-28.

3. Чеченова, Л. М. Анализ систем автоматизированного контроля и оценка перспектив их использования в развитии железнодорожных и морских транспортных технологий // Транспортное дело России. 2020. № 6. С. 42–44.

4. Шевелина А. Е., Понятов А. А. Использование технологий виртуальной реальности на железной дороге // Актуальные вопросы эксплуатации подвижного состава в современных условиях: материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Нижний Новгород, 21 апреля 2021 года. – Нижний Новгород, 2022. С. 170–173.

УДК 656.2.08; 681.325.5

МНОГОУРОВНЕВАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Буштрук Т.Н.¹, Варжицкий Л.А.¹, Буштрук А.А.²

¹Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

²Саров, Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

Аннотация. Работоспособность технологических установок, агрегатов определяется своевременной диагностикой узлов и элементов оборудования, обработкой результатов контроля. Выявление соответствия параметров узлов, элементов, блоков нормативно-техническим данным, эксплуатационным параметрам является важной задачей, которую решает обслуживающий персонал. При этом персонал должен владеть компетенциями по использованию средств диагностики, навыками работы с контрольно-измерительной аппаратурой и методикой обработки полученных результатов измерения. Эффективная подготовка и переподготовка персонала на основе обучающих комплексов и тренажеров, модулей дополненной реальности, виртуальной реальности, цифровых двойников имеет решающее значение. Формирование диагностического комплекса как многоуровневой системы с подготовительным блоком, тренажерным модулем, обработкой результатов измерения создаст единую технологическую структуру определения работоспособности оборудования.

Ключевые слова: диагностический комплекс, метрологические оценки, программный комплекс, тренажер, дополненная реальность, виртуальная реальность, цифровой двойник.

MULTILEVEL DIAGNOSTIC SYSTEM

Bushtruk T. N.¹, Vargitcki L. A.¹, Bushtruk A. A.²

¹Samara, Samara State Transport University

²Sarov, Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics

Abstract. Timely diagnostics of equipment elements determines the operability of the technological installation. The staff must have diagnostic techniques, knowledge the measuring complex and the skills of processing the obtained results. To ensure high-quality diagnostics of technological equipment, one of the decisive factors is the staff's knowledge of diagnostic techniques, knowledge of hardware measuring systems. Effective training and retraining of personnel based on training complexes and simulators, augmented reality modules, virtual reality, digital twins is actual. The diagnostic complex should be formed as a multi-level system, organically including a preparatory block, a training module, processing of measurement results. The forming of a diagnostic complex as a multi-level system with a preparatory unit, a training module, and processing of measurement results will create a single technological structure for determining the performance of equipment.

Keywords: diagnostic complex, metrological assessments, training complex, simulator, augmented reality, virtual reality (VR), digital twin.

Плановая (штатная) диагностика элементов и узлов оборудования, своевременное выявление неисправностей и дефектов обеспечивает работоспособность технологических установок. В диагностическую систему должны органично включаться контрольно-измерительные средства, модуль обработки результатов контроля (математический аппарат),

обучающий блок и аналитический модуль (рис. 1). Каждый уровень диагностического комплекса требует соответствующей подготовки персонала. Процесс подготовки персонала с использованием компьютерных технологий способствует приобретению компетенций и навыков по изучению оборудования и выявлению дефектов. В этапы подготовки персонала необходимо вводить модули дополненной реальности, виртуальной реальности, цифровых двойников. Процесс обучения предполагает воссоздание, имитацию, моделирование производственных ситуаций, в связи с этим, разработка компьютерных тренажеров востребована [1, 3, 4]. Логическая и компонентная архитектура программного обеспечения диагностического комплекса включает три уровня: тренажерное обучение - позиции и контрольно-измерительные техники, определение метрологических характеристик и обработка полученных результатов, моделирование временных последовательностей. Конфигурация предлагаемого программного комплекса трансформируется под потребности и специфику изучения технологий диагностики. Создаваемые модули программы должны иметь яркий, удобный для восприятия и эргономичный пользовательский интерфейс. В модулях обеспечивается максимальная визуализация информационных объектов и реализуется интерактивное взаимодействие с ними. Следующим этапом подготовки является получение результатов измерения, их обработка и интерпретация. Персонал метрологической службы участка, производства должен владеть навыками получения метрологических характеристик результатов проведенных измерений [2–4].

Структура компонентов программного комплекса показана на рисунке 1. В его состав органично должны входить блоки обучения, контрольно-измерительные приборы, модуль метрологической обработки результатов измерения и блок аналитики.

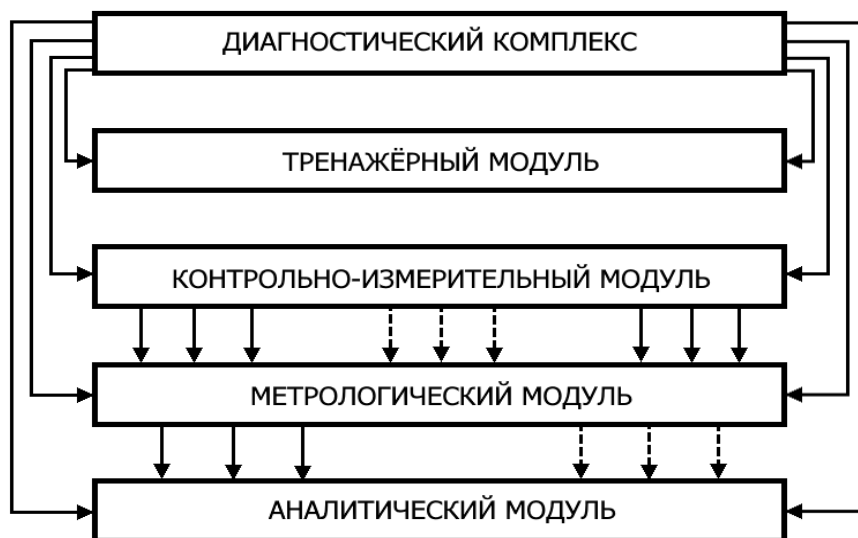


Рис 1. Структура компонентов диагностического комплекса

В качестве примера одного из модулей программного комплекса приведены интерфейсы программного блока по осмотру вагона (колёсная пара, тормозной соединительный рукав) (рис. 2): показаны точки осмотра и возможные неисправности колёсной пары (ползун, скол, прокат и т.д.), приспособления и инструменты для их выявления [1, 4]. Предложенный программный комплекс разработан при использовании среды программирования Delphi 7. Определенные возможности среды Delphi 7 с учетом сформулированных заданий обеспечивают создание простого графического пользовательского интерфейса, проведение обработки больших объемов данных. Также встроенные средства позволяют использовать приложения Word, Excel, MS Office и присутствует возможность развития программы под новые требования.

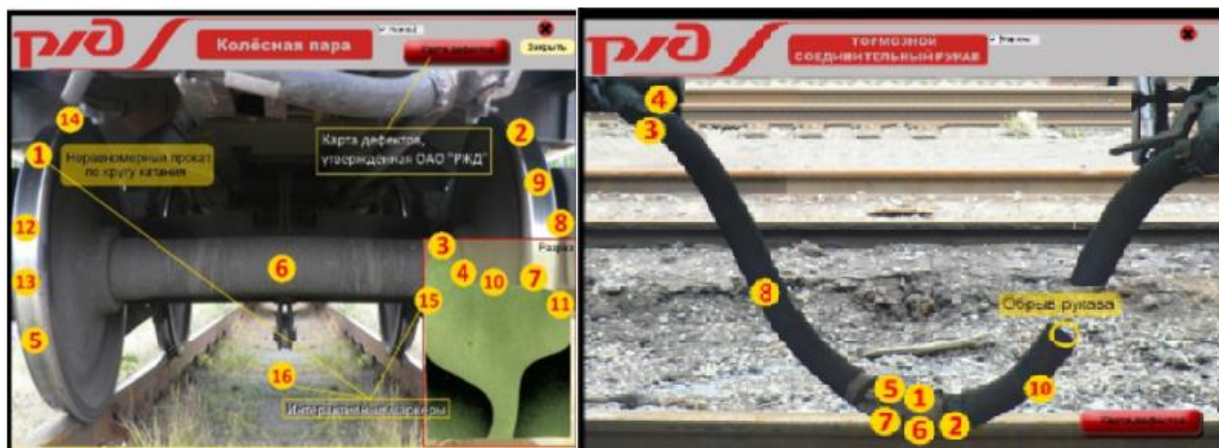


Рис. 2. Интерфейсы компонентов программного комплекса

Модуль получения метрологических характеристик контролируемого параметра Информация, полученная в результате контрольно-измерительных диагностических процедур, должна обрабатываться аппаратом оценивания метрологических характеристик [2]. Полученные метрологические характеристики по отдельным контрольным точкам и при комплексном диагностировании оборудования формируются в базы данных, которые могут быть использованы при моделировании. Опыт алгоритмизации и программирования процессов контроля и обработки данных показан в [3]. В этом программном продукте приводится применение компьютерных технологий при проведении диагностических мероприятий и тестировании оборудования (объектом диагностики является электродвигатель локомотива).

Предполагается использование аппарата вычисления неопределенности и других показателей [2]. В настоящем стандарте рассматривается трансформирование распределений для принятой математической модели измерений в соответствии с [2, 5, 6] для того, чтобы получить оценки неопределенности измерений и осуществить реализацию этой процедуры методом Монте-Карло. Важно отметить, что этот метод применим к измерительным моделям, у которых много входов (произвольное число входных величин) и одна выходная величина. Метод Монте-Карло является практической альтернативой способу оценки неопределенности по руководству (ISO/IEC Guide 98-3:2008) в разделе (3.4.8). Метод имеет особенно актуальное значение, при следующих условиях: 1) процедура линеаризация модели не позволяет получить ее адекватное представление; 2) распределение выходной величины, не может быть представлено нормальным распределением (Гауссово распределение) или масштабированным смещенным t -распределением (по причине своей выраженной асимметрии). Если перечисленные выше условия не выполняются, то возникает следующая ситуация – во-первых, полученные оценки выходной величины и соответствующей стандартной неопределенности, вычисленные в соответствии с алгоритмами руководства (ISO/IEC Guide 98-3:2008), могут оказаться недостоверными и, во-вторых – при оценке неопределенности могут быть получены недостоверные интервалы охвата (обобщение понятия расширенной неопределенности).

Приведена последовательность процедуры для определения характеристики неопределенности: а) в рабочей точке вычисляется среднее арифметическое значение полученных измерений: $\bar{E} = 1/n \sum_{i=1}^n E_i$, б) определяется неопределенность по типу А при

влиянии случайной составляющей: $u_A(E) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2 / n(n-1)}$, в) вычисляется

неопределенность по типу Б для учета неопределенности систематического характера (погрешность средства измерения δ): $u_B(E) = \bar{E}\delta/\sqrt{3}$, г) находится суммарная стандартная

неопределенность: $u_c(E) = \sqrt{u_A^2(E) + u_B^2(E)}$, д) определяется расширенная неопределенность измерений, при этом доверительную вероятность принимаем (вероятность охвата) $P = 0.95$ (в соответствии с рекомендацией в (ISO/IEC Guide 98-3:2008), затем задаем коэффициентом охвата $k = 2$: $u(E) = ku_c(E)$, (где u – неопределенность, E – результат измерения). Результат измерения записывается в виде $\bar{E} \pm u$, где число u является значением расширенной неопределенности, которая получена умножением суммарной стандартной неопределенности на коэффициент охвата k [2].

Таким образом, стандарт [2] устанавливает общую методологию оценивания неопределенности, основанную на использовании закона трансформирования неопределенностей, когда выходная величина подчиняется нормальному распределению или масштабированному смещенному t -распределению. При этом закон трансформирования неопределенностей позволяет учесть неопределенности входных величин и вычислить стандартную неопределенность оценки выходной величины на основе: 1) наилучших оценок входных величин; 2) стандартных неопределенностей оценок входных величин; 3) числа степеней свободы для стандартных неопределенностей оценок входных величин; 4) ненулевых ковариаций полученных оценок. Кроме того, полученная плотность распределения вероятностей выходной величины позволяет определить для выходной величины интервал охвата при заданной вероятности. Перечисленные выше факторы являются необходимой информацией для получения метрологических оценок. Метод, устанавливаемый настоящим стандартом, основан на использовании плотностей распределения вероятностей входных величин (согласно модели измерения) для последующего расчета плотности распределения вероятностей выходной величины. По полученной плотности распределения вероятностей выходной величины могут быть определены математическое ожидание выходной величины, и стандартное отклонение, используемое в качестве стандартной неопределенности найденной оценки. При этом для получения интервала охвата выходной величины также используется плотность распределения вероятностей.

В предыдущем абзаце предложен упрощенный формализованный метод (оперативная текущая контрольная оценка результата измерения). Для оценки точности результата контроля используется стандарт [2], ратифицированный в ряде стран СНГ, в том числе в РФ. Эти последовательности, полученные на интервале оценки, сформируют временной ряд с квазистационарными свойствами. Проведя контрольно-измерительные процедуры, метрологическое оценивание полученных результатов, и сформировав временные последовательности, можно перейти к процессу моделирования [5, 6, 7, 9]. Для чего используется аппарат корреляционно-спектральной идентификации временных рядов с квазистационарными свойствами; схема корреляционно-спектрального идентификатора приведена в [6, 8, 9]. Полученная совокупность измерений разбивается на равные участки. Временной ряд формируется из равных участков по мере получения реализаций результатов диагностики технологического оборудования $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_l$. Импульсная переходная характеристика квазистационарного линейного формирующего звена является аналогом дробно-рациональной передаточной функцией по Лапласу. Необходимо определить оценки коэффициента передачи, постоянных времени, степени полиномов числителя и знаменателя передаточной функции при идентификации квазистационарного формирующего фильтра на выбранных участках [6, 8, 9]. Алгоритм корреляционно-спектральной идентификации основан на вычислении корреляционных функций

$$R_{z_2 z_1}(\tau_2 - \tau_1) = \frac{1}{t_0 - (\tau_2 - \tau_1)} \int_0^{t_0 - (\tau_2 - \tau_1)} z_2(t - \tau_2; \Delta t_\alpha) z_1(t - \tau_1; \Delta t_\beta) dt, \tau_2 \geq \tau_1.$$

В интегральных уравнениях сигналы $y(t)$, $z_1(t - \tau_1; \Delta t_\gamma)$ и $z_2(t - \tau_2; \Delta t_\delta)$ имеют вид

$$y(t) = \int_0^{\infty} h_{\text{фф}}(\theta)x(t-\theta)d\theta, \quad z_1(t-\tau_1; \Delta t_\gamma) = \int_0^{\infty} h_{\text{ф}}(\mu_\gamma)y(t-\tau_1-\mu_\gamma; \Delta t_\gamma)d\mu_\gamma, \quad z_2(t-\tau_2; \Delta t_q) = y(t-\tau_2; \Delta t_q).$$

Сигналы $z_1(\cdot)$, $z_2(\cdot)$ получены на выходе корреляционно-спектрального анализатора и сдвинуты на τ , $h_{\text{фф}}(\cdot)$, $h_{\text{ф}}(\cdot)$ – импульсные переходные характеристики формирующего и полосового фильтров.

Интегралы вычисляются на основе фильтрующего свойства дельта функции и свойства симметрии Эрмита для формирующего фильтра, затем к интегралам также применяется теорема Бореля о свёртке [6].

Проведя процедуры преобразования, получаем зависимости, в которые входят модули и фазы комплексного передаточного коэффициента модели формирующего фильтра. Эти характеристики позволяют определить оценки параметров формирующего фильтра – постоянные времени, масштабные коэффициенты и порядок функциональных операторов числителя и знаменателя передаточной функции. Здесь же выполняются процедуры проверки регрессионного анализа.

При наличии достоверной адекватной (процедуры проверки) модели формирующего фильтра, полученной в результате проведения процедур идентификации, в общем случае для системы с постоянными сосредоточенными параметрами получим дискретную передаточную функцию эквивалентной импульсной системы. Разностное уравнение для формирующего фильтра позволит строить прогнозные значения [5, 6, 7, 9].

Этапы диагностики неизменно включают три компонента – обучение, обработка результатов измерения (получение метрологических оценок), формирование заключения (аналитика) об эксплуатационной пригодности оборудования. Такая иерархия обеспечивает эффективное функционирование диагностического комплекса. При проведении процедур аттестации элемента, узла, блока, агрегата программный комплекс (система) должен объединять компьютерный обучающий тренажер, программный аппарат определения метрологических характеристик, метод и алгоритмы моделирования (идентификации) временных последовательностей метрологических характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бушtruk Т. Н., Царыгин М. В., Бушtruk А. А. Компьютерный обучающий комплекс для персонала предприятий вагонного хозяйства с мультимедийными базами данных Известия Самарского научного центра РАН. – Самара: 2014. – Том 16, № 4. – С. 465-470.
2. ГОСТ 34100.3-2017 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло». (ISO/IEC Guide 98-3:2008, IDT).
3. Золкин А. Л., Тормозов В. С., Бушtruk Т. Н., Петрушова М. В. Программное обеспечение для сбора, обработки и передачи данных о техническом состоянии поверхности коллектора электродвигателя. Программные продукты и системы: Международный научно-практический журнал. – Тверь: 2020. Т. 33. № 3. – С. 483-488.
4. Бушtruk Т. Н., Царыгин М. В., Кленюшин Д. С. Компьютерный обучающий комплекс для персонала предприятий вагонного хозяйства с модулем идентификации и прогнозирования временных рядов// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 4(224). С. 105-113.
5. Кун Макс, Джонсон Кьелл Предиктивное моделирование на практике. – СПб.: Питер, 2019. – 640 с.
6. Бушtruk А. Д., Бушtruk Т. Н., Фазлыев И. И. Корреляционно-спектральный метод идентификации квазистационарных временных процессов с разрешением противоречия между точностью и быстродействием // А и Т. 2011. № 7. С. 147-158.
7. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Вып .1 Пер. с англ. М.: Мир, 1974.
8. Бушtruk Т. Н. Двухэтапная идентификация нелинейных объектов и процессов в адаптивных системах управления /Вестник транспорта Поволжья: научно-технич. журнал. – Самара: СамГУПС, 2019. – Вып. № 1 (73). – С. 72-79.
9. Bushtruk T. N., Avsievich A. V., Bushtruk A. A. Correlation-spectral method and identification algorithms of quasi-stationary time series and their practical application in AIP Conference Proceedings 2389, 040001 (2021)

УДК 004.94

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТОХАСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПОИСКА РОЕМ СВЕТЛЯЧКОВ В ЗАДАЧАХ МНОГОЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Бусаргина К.А., Засов В.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Представлены результаты исследования достоверности и погрешности вычисления экстремумов мультимодальных целевых функций алгоритмом оптимизации роем светлячков. Приведены экспериментальные зависимости погрешности вычисления глобального и локальных экстремумов от количества агентов в рое. Исследования проводились на тестовых функциях Растригина, Розенброка и Экли.

Ключевые слова: роевой, алгоритм, оптимизация, светлячки, многомодальная, целевая, функция, погрешность, достоверность.

EFFICIENCY OF THE STOCHASTIC ALGORITHM FOR SEARCHING FOR A SWARM OF FIREFLIES IN MULTI-EXTREME OPTIMIZATION PROBLEMS

Busargina K.A., Zasov V.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The results of a study of the reliability and error of calculating the extrema of multimodal objective functions by the firefly swarm optimization algorithm are presented. Experimental dependences of the error in calculating the global and local extrema on the number of agents in a swarm are given. The research was carried out on the test functions of Rastrigin, Rosenbrock and Ackley.

Keywords: swarm, algorithm, optimization, fireflies, multimodal, objective, function, error, reliability.

Решением задачи оптимизации является вычисление экстремумов определенной целевой функции $f(X)$, т.е.

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

где X – вектор варьируемых параметров, D – область допустимых значений X . В задачах многоэкстремальной оптимизации целевые функции являются мультимодальными, т.е. наряду с глобальным экстремумом имеют локальные экстремумы, которые требуется также вычислять в ходе решения.

Для определения экстремумов мультимодальных и имеющих разрывы целевых функций эффективно использование стохастических роевых алгоритмов оптимизации [1, 2]. Это алгоритмы оптимизации роем частиц (PSO), колонией муравьев (ACO), роем пчел (ABC) и роем светлячков (FA) и др. [1–3]. За счет организации информационного обмена особей роя между собой и внешней средой происходит самоорганизация роя и образование роевого интеллекта, позволяющих достигать определенные цели.

Принципы построения роевых алгоритмов в значительной степени похожи, но каналы информационного взаимодействия особей роя имеют различную физическую природу: световой, акустический, химический, механический. Поэтому характеристики алгоритмов отличаются и алгоритмы ориентированы на применение в определенных прикладных задачах оптимизации. Кроме того, стохастическая природа роевых алгоритмов требует проведения вычислительных экспериментов для определения показателей эффективности алгоритмов перед практическим применением в конкретных прикладных задачах.

В [3–6] алгоритм оптимизации роем светлячков (FA – Firefly Algorithm) выделяют как некоторый обобщающий роевой алгоритм, который интегрирует свойства различных роевых алгоритмов. Этот алгоритм также определяют как наиболее эффективный из роевых. Но, к сожалению, алгоритму FA по сравнению с другими роевыми алгоритмами посвящено

сравнительно малое число исследований [3–6], что сдерживает этого алгоритма в прикладных задачах.

Целью работы является исследование достоверности и погрешности работы алгоритма оптимизации роем светлячков в задачах многоэкстремальной оптимизации.

Принципы работы алгоритма оптимизации роем светлячками определяются поведением светлячков, которые в процессе жизнедеятельности производят короткие и ритмичные вспышки. Основная функция вспышек заключается в привлечении других светлячков роя (общение) и привлечении потенциальной добычи. Менее яркий светлячок перемещается к более яркому светлячку. Ритмичность вспышек, частота мигания и количество времени являются параметрами информационной системы, позволяющей организовать взаимодействие светлячков в рое.

Приведенный ниже канонический алгоритм работает функционирует в упрощающих следующих условиях [3–6].

Все светлячки одинаковые по выполняемым в рое функциям.

Светлячки имеют разную привлекательность, которая пропорциональна их яркости. Поэтому для любых двух мигающих светлячков менее яркий будет двигаться к более яркому светлячку. Привлекательность пропорциональна яркости и уменьшаются по мере увеличивается расстояния между светлячками из-за поглощения светового потока воздухом.

Светлячок, не видящий около себя светлячка более яркого, чем он сам, осуществляет поиск, перемещаясь случайным образом.

Для задачи поиска многих экстремумов целевой функции яркость светлячка принимается пропорциональной значению целевой функции.

Движение светлячка i , притягиваемого другим, более привлекательным (более ярким) светлячком j , определяется таким выражением

$$x_i = x_i + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_j - x_i) + \alpha \psi_i.$$

Второй член этого выражения обусловлен привлекательностью светлячка. Привлекательность светлячка f_i для светлячка f_j определяется так:

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

где $i, j = \overline{1, N}, i \neq j$, величина $r_{i,j}$ – расстояние между светлячками f_i и f_j , β_0 – взаимная привлекательность светлячков при нулевом расстоянии между ними; γ – коэффициент поглощения света средой [1, 3].

Третий член уравнения – это рандомизация, где α является параметром рандомизации, а ψ_i – вектор случайных чисел, взятых из распределения Гаусса, равномерного распределения, распределения Леви. Для большей части реализации можно взять $\beta_0 = 1$ и $\alpha \in [0, 1]$.

Таким образом, движение светлячков в рое – это случайное блуждание, смещенное в сторону более ярких светлячков, причем яркость определяется расстоянием между светлячками и прозрачностью среды обитания роя.

В работе представлен алгоритм, отображающий поведение искусственного роя светлячков – мультиагентной системы, моделирующей поведение естественного биологического роя.

Этот алгоритм, ориентирован на эффективное мультиагентное программирование и обладают естественным параллелизмом, что существенно упрощает выполнение алгоритма на высокопроизводительных параллельных вычислительных системах в задачах динамической оптимизации, выполняемой в реальном времени.

Алгоритм, отображающий поведение искусственного роя светлячков (поиска экстремумов целевой функции), приведен в табл. 1. Для проведения моделирования алгоритма и отображения результатов разработан и реализован на языке программирования C++ программный комплекс, позволяющий: задавать количество агентов в рое, задавать целевую функцию, выбирать различные тестовые функций, определять форму представления результатов моделирования [7].

Используемые в описании алгоритма параметры прозрачности и яркости задаются в программе пользователем при начальной настройке.

Алгоритм, отображающий поведение искусственного роя светлячков (поиска экстремумов мультимодальной целевой функции)

Шаг	Действие
1	Ввод исходных данных
2	Инициализация начальной популяции агентов
3	Для каждого агента составляется список видимых агентов и определяется уровень их яркости с учетом расстояния до них и эффектов поглощения света
4	Для каждого агента выбирается самый яркий из полученного на шаге 2 списка (лидера)
5	Для каждого агента осуществляется перемещение в сторону лидера. Если лидера нет – применяется одна из форм случайного перемещения.
6	Для каждого агента изменяется уровень яркости
7	Если условие окончания не выполнено, то повторить с шага 2
8	Завершение алгоритма
9	Вывод результатов

При инициализации поиска все агенты случайным образом распределены в поисковом пространстве (области допустимых значений) целевой функции. Далее, каждый агент движется в направлении того агента, у которого уровень яркости выше.

Моделирование и проверка достоверности работы алгоритма оптимизации роем светлячков производились на трех тестовых мультимодальных целевых функциях – функциях Розенброка, Экли, Растригина [8]. Пример трехмерного и двумерного графических представлений тестовой функции Растригина приведен на рис. 1.

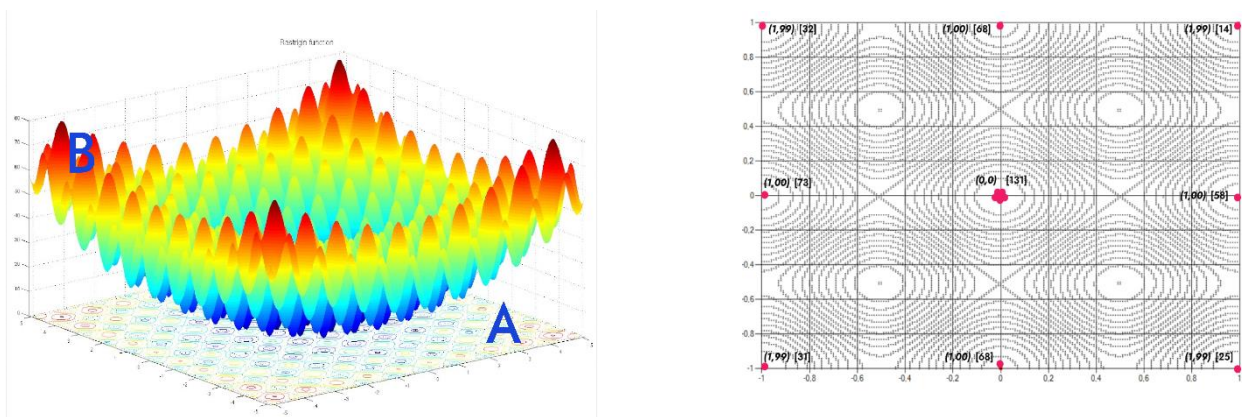


Рис. 1. Примеры трехмерного и двумерного графических представлений тестовой функции Растригина

Исходное расположение агентов перед началом моделирования в области D допустимых значений X тестовой функций Растригина приведено на рис. 2.



Рис. 2. Исходное случайное расположение агентов перед началом моделирования в области D допустимых значений X тестовой функций Растригина

После завершения работы алгоритма все агенты расположены (сконцентрировались) в точках экстремумов, причем количество агентов в точках экстремумов пропорционально величине экстремумов.

На рис. 3 приведены результаты компьютерного моделирования определения экстремумов тестовой функции Растригина [8]. Эта функция имеет 9 экстремумов (минимумов), каждый из которых определен роением агентов, общее количество которых равно 500. Количество агентов для каждого экстремума (минимума) функции соответствует значению экстремума: чем больше экстремум (меньше минимум), тем больше количество определивших его агентов. При проведении данного тестирования количество агентов в исходной популяции установлено 500, исходя из полученных результатов наблюдаем, что агентов, ошибочно указывающих на ложные экстремумы, нет т.е. вся популяция расположена в точках экстремумов функции. Суммарное количество агентов, оказавшихся в точках экстремумов равно количеству исходной популяции, в нашем случае 500 агентов, что подтверждает достоверность работы программы. Важно отметить, что при рассмотрении тестовой функции Растригина заранее известны какие в данной функции экстремумы и таким образом количество светлячков, которые попадают в каждую из этих точек экстремума помогают измерять глубину или величину экстремума.

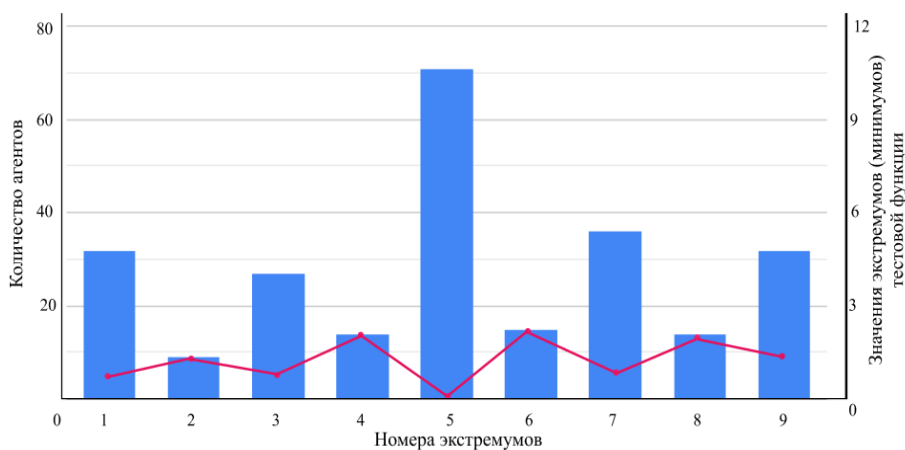


Рис. 3. Результаты компьютерного моделирования определения экстремумов тестовой функции Растригина

Величина среднеквадратичной относительной погрешности δ определения экстремумов вычислялась таким образом:

$$\delta = \frac{\sigma}{X_{изм}},$$

где

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_{изм} - X_M)^2}{n}}.$$

Величина $X_{изм}$ – количество агентов, которые попадают в экстремум, величина X_M – математическое ожидание, вычисляемое путем многократного выполнения экспериментов при одинаковом количестве агентов, суммирования найденного количества агентов в точке экстремума и деление на количество экспериментов.

На рис. 4 приведены результаты вычислительных экспериментов по определению погрешностей работы алгоритма на тестовой многоэкстремальной функции Растригина.

В результате проведенного эксперимента определена зависимость уменьшения погрешности определения от величины экстремумов при увеличении числа агентов.

Поэтому платой за уменьшение погрешности будет увеличение времени работы алгоритма.

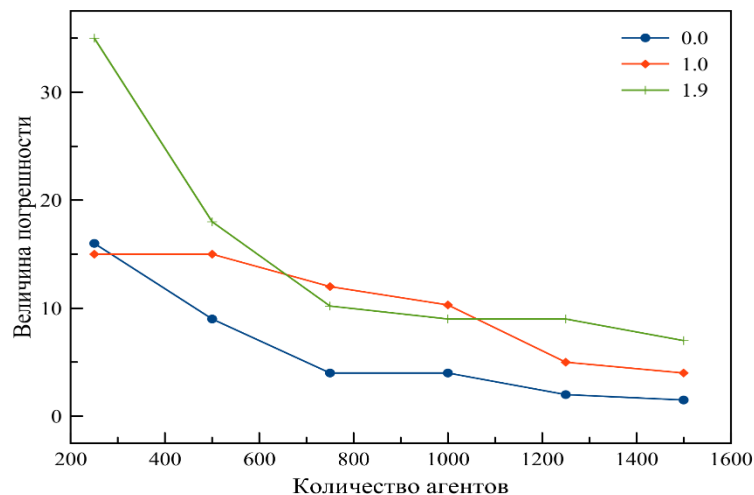


Рис. 4. Экспериментальные зависимости погрешности определения экстремумов от количества агентов для тестовой функции Растригина

Анализ экспериментальных зависимостей на рис. 4 позволяет также сделать вывод, что значения погрешности определения величины экстремумов уменьшаются с увеличением величины экстремума: т.е. чем больше значение экстремума, тем с меньшей погрешностью производится измерение.

Рассмотренный алгоритм ФА может найти применение не только в задачах оптимизации, но и при решении задач распознавания образов, классификации, кластеризации, обучении нейронных сетей, мониторинге и диагностировании объектов и сложных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы вдохновленные природой: учебное пособие / А.П. Карпенко. – М: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 446 с.
2. Voronukhin, V. Zasov // Proceedings - 2019 21st International Conference " Complex Systems: Control and Modeling Problems", CSCMP 2019, Samara, 03–06 сентября 2019 года. – Samara: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. – P. 281-285. – DOI 10.1109/CSCMP45713.2019.8976594.
3. Kaurov, A. A. Efficiency Indicators of Certain Parallel Population-Based Optimization Algorithms / A. A. Kaurov, V. A. Zasov, D. S. Kabizhskiy // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 330 LNNS. – P. 237-245. – DOI 10.1007/978-3-030-87178-9_24.
4. E. Emary, Hossam M. Zawbaa, Kareem Kamal A. Ghany, Aboul Ella Hassanien, and B. Parv. 2015. Firefly Optimization Algorithm for Feature Selection. In Proceedings of the 7th Balkan Conference on Informatics Conference (BCI '15). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 26, 1–7. <https://doi.org/10.1145/2801081.2801091>
5. B. Bhushan and S. S. Pillai, "Particle Swarm Optimization and Firefly Algorithm: Performance analysis," 2013 3rd IEEE International Advance Computing Conference (IACC), 2013, pp. 746-751, doi: 10.1109/IAAdCC.2013.6514320.
6. Iztok Fister, Matjaž Perc, Salahuddin M. Kamal, Iztok Fister, A review of chaos-based firefly algorithms: Perspectives and research challenges, Applied Mathematics and Computation, Volume 252, 2015, Pages 155-165, ISSN 0096-3003, <https://doi.org/10.1016/j.amc.2014.12.006>.
7. Бусаргина К.А., Засов В.А. Моделирование популяционного алгоритма оптимизации роем светлячков /Наука и образование транспорту: Материалы XV Международной научно-практической конференции. Самара: СамГУПС, 2022.-380 с.
8. Mishra, S. Some new test functions for global optimization and performance of repulsive particle swarm method / S. Mishra // MPRA Paper. North-Eastern Hill University, Shillong, 2006. – 25 p.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КОРРЕКТИРОВКИ НОРМАТИВНОГО РАСПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ В ГИД «УРАЛ-ВНИИЖТ» С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ РОБОТОВ

Гаранин А.В., Никищенко С.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Рассмотрены проблемы корректировки нормативного графика движения грузовых поездов в системе ГИД «Урал-ВНИИЖТ» на основании поступающих телеграмм и распоряжений ОАО «РЖД». Проанализирована существующая технология ведения нормативных графиков. Предложены варианты автоматизации этапов технологии на основе современных программных решений в виде RPA-роботов и модулей на языке Python.

Ключевые слова: график исполненного движения поездов, автоматизированная система, корректировка нормативного расписания, роботизация процессов.

AUTOMATION OF THE PROCESSES OF ADJUSTMENT OF THE NORMATIVE TRAIN SCHEDULE IN THE GID «Ural-VNIIZhT» USING SOFTWARE ROBOTS

Garanin A.V., Nikishchenkov S.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The problems of adjusting the normative schedule for the movement of freight trains in the GID «Ural-VNIIZhT» system on the basis of incoming telegrams and orders of Russian Railways are considered. The existing technology of maintaining normative schedules is analyzed. Options for automating technology stages based on modern software solutions in the form of RPA robots and modules in the Python language are proposed.

Keywords: schedule of the completed train movement, automated system, adjustment of the standard schedule, robotization of processes.

Одной из задач отделов управления перевозочным процессом (УПП) информационно-вычислительных центров железных дорог является технологическое сопровождение системы ГИД «Урал-ВНИИЖТ». Она установлена на рабочих местах специалистов всех уровней, от станционных работников до руководящего состава ОАО «РЖД» [1–3].

ГИД «Урал-ВНИИЖТ» необходима для контроля над всеми видами перевозок и имеет функции составления планов, регулировки, прогноза, контроля и анализа графика. Система отражает выполнение всеми службами железной дороги установленного нормативного или вариантного графика движения поездов. На основе анализа графиков исполненного движения поездов рассчитываются качественные и количественные показатели работы участков [3].

Система ГИД ДПП является подсистемой системы ГИД «Урал-ВНИИЖТ», которая отвечает за повышение уровня эксплуатационной работы путем автоматизации процессов управления на полигоне дороги [3,4]. В нее входят подсистемы ГИД ЦД и ГИД ДНЦ/ДСП.

К основным функциям подсистемы ГИД ДНЦ/ДСП относятся:

- автоматизированное ведение графика исполненного движения;
- быстрый доступ к информации о поездах, составах поездов и локомотивов;
- выдача поездного положения в графических и табличных формах;
- отображение на экране ПЭВМ текущей ситуации на станциях и перегонах.

Процесс идентификации поезда осуществляется в АРМ ДСП:

- по данным поездной модели, поступившим от АРМ ДНЦ;
- из справок о подходах поездов;
- на основании нормативного графика движения поездов.

Правильно составленное расписание необходимо для доставки грузов до пункта назначения в кратчайшие сроки и предотвращения аварийных ситуаций. Расписание пассажирских поездов разрабатывается за несколько месяцев до отправления. Составление расписания грузовых поездов происходит за неделю, либо за день до отправления, чтобы максимально минимизировать поезда, которые отправляются без предварительного расписания, необходимое внимание уделяется времени и качеству ведения поездов. Одним из способов корректировки информации нормативного расписания поездов служит информация из поступающих телеграмм. В этом случае внесение изменений графика по поездам производится вручную в соответствии с утвержденной структурой файла графика движения поездов. Далее обновленная информация обрезается в АПК «Эльбрус» и попадает в общее расписание движения поездов системы ГИД «Урал-ВНИИЖТ».

При выполнении процессов вручную возникают следующие риски:

- человеческий фактор. При внесении большого массива однотипных данных неизбежны ошибки. При этом инструменты по проверке данных на этапе ввода отсутствуют.
- низкая оперативность. Первичный ввод данных и последующие изменения занимают значительное время, при этом зачастую происходит дублирование информации.
- неактуальность данных. Существует определенная задержка между получением свежих данных и введением их в систему.

Для исключения перечисленных рисков необходима автоматизация. Она возможна на уровне данных и интеграции приложений, а также на уровне интерфейса пользователя с помощью технологии Robotic process automation (RPA). Автоматизация рутинных процессов с использованием технологии RPA снижает затраты и повышает точность выполняемой работы [5–7].

В ГИД «Урал-ВНИИЖТ» на сетке графика отображаются нитки следования поездов, вводимые автоматически или вручную. Нитки могут быть обезличенными, полученными при помощи устройств СЦБ автоматически, с номерами поездов, введенные вручную, или с условными номерами, введенными компьютером.

Ведение нормативного графика движения поездов включает в себя смену номера поезда, изменение даты и времени следования поезда, изменение станций на пути следования, а также добавление и удаление поездов. Функцию корректировки расписания сотрудники осуществляют с помощью копирования данных, их удаления, переноса информации в соответствующие колонки. Этот процесс достаточно трудоемкий. В зависимости от объемов выгруженной информации может занимать много времени. В настоящее время по всей сети железных дорог, корректировки в график движения грузовых поездов на основании поступающих телеграмм осуществляются в ручном режиме. Этот процесс требует высокой сосредоточенности, внимания, определенных навыков и ответственности со стороны сотрудников, вносящих информацию.

Телеграммы, содержащие информацию о необходимых корректировках графика движения поездов, поступают в Единую автоматизированную систему документооборота (ЕАСД) или на почту причастным лицам. Так же информация о корректировке графика движения может прийти в виде запроса на выполнение работ в систему управления единой службы поддержки пользователей (АСУ ЕСПП).

Основанием для телеграмм являются следующие причины:

- формирование новых поездов для передислокации вагонов;
- выявление ошибок в графике движения (в результате контроля в системе ГИД «Урал-ВНИИЖТ»), требующих оперативного исправления.

Нормативное расписание на все поезда кроме пассажирских и пригородных выгружается ежедневно по рабочим дням сотрудниками отделов разработки технологических окон Дирекции управления движением из АПК «Эльбрус» в ГИД «Урал-ВНИИЖТ».

Выгрузка должна происходить до указанного времени, так как в это время ежедневно происходит автоматическая загрузка в центральную базу данных грузовых поездов (ЦБДГР). Если выгрузка в ГИД «Урал-ВНИИЖТ» произойдет позже, то будет расхождение в

нормативных расписаниях поездов между ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и информационным хранилищем анализа выполнения графика движения (ИХ АВГД), так как в последнем расписание отображается из ЦБДГР. Корректировка расписания по пассажирским и пригородным поездам не производится, так как загружается ежедневно с ГВЦ.

За нормативное расписание по поездам специального назначения, грузовым поездам и резервным поездам пригородного и дальнего следования отвечают технологи отделов УПП, сопровождающие ГИД «Урал-ВНИИЖТ».

В связи с частым изменением расписания движения поездов эта работа является достаточно трудоемкой. Анализируя ручную обработку телеграмм, можно заключить, что самым трудоемким этапом в технологии описываемого процесса является внесение изменений в изначальный файл на основании телеграмм (других электронных документов). Именно он занимает максимальное количество времени во всей цепочке проводимых операций, требует повышенной концентрации внимания и ответственности за результат. Проводимый на этом этапе процесс можно охарактеризовать как преобразование поступающей информации в блоки с утвержденной структурой, описывающей характеристики поездов, и занесение их в файл. Таким образом, автоматизация этого процесса, создание так называемого конвертера, существенно облегчила бы труд технолога, позволила бы сократить время обработки и устранить ошибки, являющиеся следствием человеческого фактора и повысить общую эффективность логистической системы.

Проведенный анализ функций преобразования исходного файла показал, что разрабатываемый конвертер должен работать с текстовым файлом определенной структуры. В качестве источника НСИ необходимо использовать справочники поездов, станций, их парков и подъездных путей Куйбышевской железной дороги.

Входными данными являются текст и численные значения в телеграммах, а выходными - файл, содержащий необходимые корректировки графика движения грузовых поездов с параметрами, представленными в утвержденном формате данных.

Для автоматизации процессов обработки телеграмм разработана схема технологии, включающая взаимодействие RPA-робота и конвертера (рис. 1).

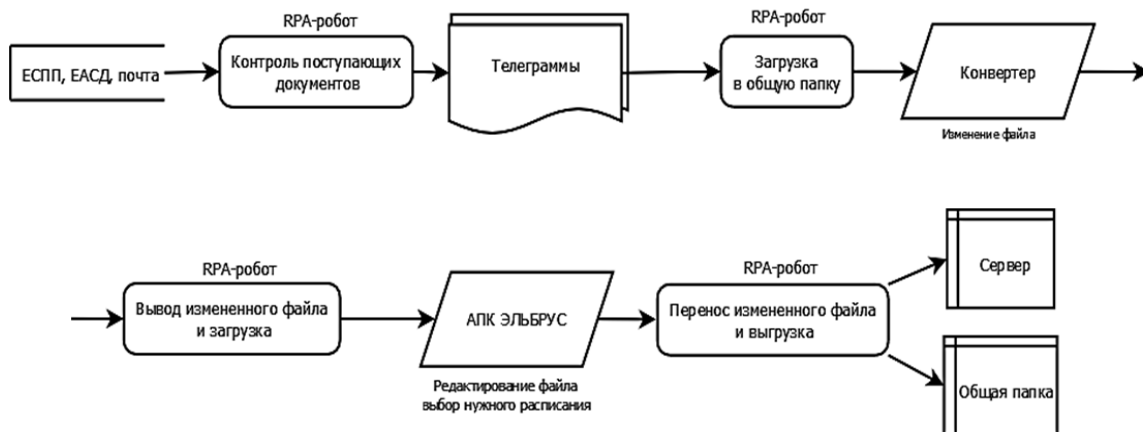


Рис. 1. Основные этапы технологии

На основании проведенного анализа требуемых функций, осуществляемых технологом, за исключением конвертации информации, технология состоит из следующих этапов:

- скачивание файла телеграммы из почты или запроса (обращения) из АСУ ЕСПП;
- загрузка файла телеграммы в конвертер для обработки телеграмм;
- загрузка файла для проверки файла телеграммы в АПК «Эльбрус» на проверку ошибок при корректировке;
- перенос результирующего файла в общую папку доступа для дальнейшего отправления на сервер и использования в системе ГИД «Урал-ВНИИЖТ».

Существующий набор функций в RPA ROBIN является оптимальным средством для автоматизации выполнения описанных действий.

Создание конвертера при использовании справочников НСИ может быть реализовано средствами языка программирования Python.

Внедрение RPA-технологий в процесс обработки телеграмм, а также создание конвертера преобразования файла корректировки нормативного расписания движения поездов позволит существенно ускорить процесс обработки и своевременного обновления данных в системе ГИД «Урал-ВНИИЖТ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программные комплексы РЖД: АСУТ, ГИД «Урал-ВНИИЖТ» [Электронный ресурс]. URL: <https://dvizhenie24.ru/railway/programmnye-kompleksy-asut-gid-ural-vniizht/> (дата обращения 10.01.2023).
2. График движения поездов [Электронный ресурс]. URL: <https://fccland.ru/stati/18063-grafik-dvizheniya-poezdov.html> (дата обращения 10.01.2023).
3. ГИД Урал [Электронный ресурс]. URL: <http://scbist.com/stati-poscb/1013-gid-ural.html> (дата обращения 10.01.2023).
4. Временный регламент ведения централизованной базы данных расписания движения грузовых поездов [Электронный ресурс]. URL: <https://jd-doc.ru/2014/dekabr-2014/13706-rasporyazhenie-oao-rzhd-ot-12-12-2014-n-2983r> (дата обращения 10.01.2023).
5. Российский рынок RPA-систем [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения 10.01.2023).
6. ROBIN RPA – платформа для роботизации бизнеса [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rpa-robin.ru/programmnye-roboty> (дата обращения 10.01.2023).
7. Гаранин А.В., Никищенко С.А. Автоматизация процесса подготовки данных для контроля нарушений межпоездных интервалов // Наука и образование транспорту, 2022. – С. 142-144.

УДК 656.2

ПРИМЕНЕНИЕ СВОЙСТВА ОРТОГОНАЛЬНОСТИ ФУНКЦИИ БЕССЕЛЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СИГНАЛА ОРТОГОНАЛЬНОЙ КОДОВО-ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Гумаров А.Р., Авсиевич А.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье предлагается способ передачи и идентификации сигнала в ортогональной кодово-частотной модуляции (ОКЧМ) с применением свойства ортогональности функции Бесселя. Рассматривается свойство ортогональности функций Бесселя в контексте ортогональной кодово-частотной модуляции. Приводятся математические выкладки для ортогональной кодово-частотной модуляции. Приводятся расчётные значения для подтверждения возможности передачи информации с использованием свойства ортогональности функции Бесселя.

Ключевые слова: модуляция, ортогональная кодово-частотная модуляция (ОКЧМ), ряд Фурье-Бесселя, функции Бесселя, ортогональность функции Бесселя.

APPLICATION OF THE ORTHOGONALITY PROPERTY OF BESSEL FUNCTION FOR THE IDENTIFICATION OF AN ORTHOGONAL CODE-FREQUENCY MODULATION SIGNAL

Gumarov A.R., Avsievich A.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The article proposes a method for transmitting and identifying a signal in orthogonal code-frequency modulation (LFM) using the orthogonality property of the Bessel function. The orthogonality property of Bessel functions is considered in the context of orthogonal code-frequency modulation. Mathematical calculations for

orthogonal code-frequency modulation are given. Calculated values are given to confirm the possibility of transmitting information using the orthogonality property of the Bessel function.

Keywords: modulation, orthogonal code-frequency modulation (OCFM), Fourier-Bessel series, Bessel functions, orthogonality of the Bessel function.

Постоянно ускоряющееся развитие компьютерных технологий и их распространение обуславливает необходимость разработки новых способов передачи информации. Модуляция – процесс наложения информации, которая имеет вид сигнала сообщения на другой сигнал с более высокой частотой, который называется несущей [1]. Цель статьи проверить возможность идентификации передаваемого ортогонального кодово-частотно модулированного сигнала с использованием свойства ортогональности функций Бесселя.

Ортогональный кодово-частотный модулятор (предложенный в работе [2]), описывается уравнением:

$$y_{\text{ОКЧМ1}} = U_m \sin(\omega_0 t + \Delta\omega_\alpha(t)t \sin \Omega t) + U_m \sin(\omega_0 t + \Delta\omega_\beta(t)t \cos \Omega t). \quad (1)$$

После ряда преобразований получим уравнения ряда Фурье-Бесселя [3]:

$$\begin{aligned} y_{\text{ОКЧМ}} &= \\ &= U_m \sin \omega_0 t (J_0(\Delta\omega_\alpha(t)t)) + \\ &+ U_m \sin \omega_0 t (J_0(\Delta\omega_\beta(t)t)) + \\ &+ U_m \cos \omega_0 t (J_0(\Delta\omega_\gamma(t)t)) + \\ &+ U_m \cos \omega_0 t (J_0(\Delta\omega_\delta(t)t)). \end{aligned} \quad (2)$$

Носитель информации – величина $\Delta\omega$. Следовательно, возможно передать независимо два символа на \sin и два символа на \cos ($\sin \omega_0 t$ и $\cos \omega_0 t$ являются ортогональными функциями на интервале $[0, \pi]$).

Ортогональность функции Бесселя. Примем $\mu_n = (\Delta\omega_n(t))$.

J_α Функция Бесселя 1 рода с индексом, порядка $\alpha \geq 0$. Функция Бесселя ортогональна на промежутке $[0, L]$ [4]:

$$\int_0^L t J_\alpha\left(\frac{\mu_1}{L} t\right) J_\alpha\left(\frac{\mu_2}{L} t\right) dt = \begin{cases} 0, & \mu_1 \neq \mu_2 \\ \frac{L^2}{2} (J'_\alpha(\mu_1))^2, & \mu_1 = \mu_2 \end{cases} \quad (3)$$

$\alpha > -1$

где $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$, – в порядке возрастания положительные корни функции Бесселя $J_\alpha(t) = 0$.

$$\frac{L^2}{2} (J'_\alpha(\mu_1))^2 = \frac{L^2}{2} J^2_{\alpha+1}(\mu_1) \quad (4)$$

При $L = 1$, на промежутке $[0, 1]$:

$$\int_0^1 t J_\alpha(\mu_1 t) J_\alpha(\mu_2 t) dt = \begin{cases} 0, & \mu_1 \neq \mu_2 \\ \frac{1}{2} J^2_{\alpha+1}(\mu_1), & \mu_1 = \mu_2 \end{cases} \quad (5)$$

Используем корни функции Бесселя в качестве числа для передачи [5]:

Таблица 1

Корни функции Бесселя для J_0

	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4
J_0	2.4048	5.5201	8.6537	11.7915

Графики функций Бесселя (порядка $\alpha = 0$) $J_0(\mu_1 t)$. $J_0(\mu_2 t)$. $J_0(\mu_3 t)$. $J_0(\mu_4 t)$. которые рассматриваются на $[0, 1]$ (рис. 1).

Рассмотрим способ на примере первой составляющей $U_m \sin \omega_0 t (J_0(\Delta\omega_\alpha(t)t))$, после выделения огибающей $J_0(\Delta\omega_\alpha(t)t)$.

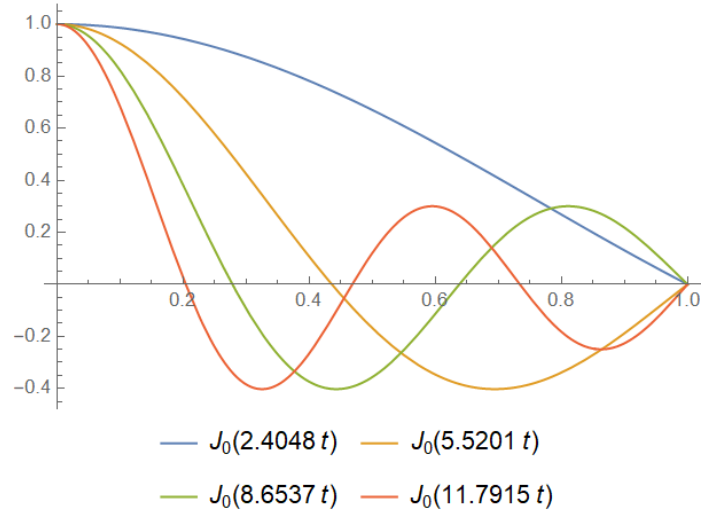


Рис. 1. Графики функций Бесселя на промежутке [0.1]

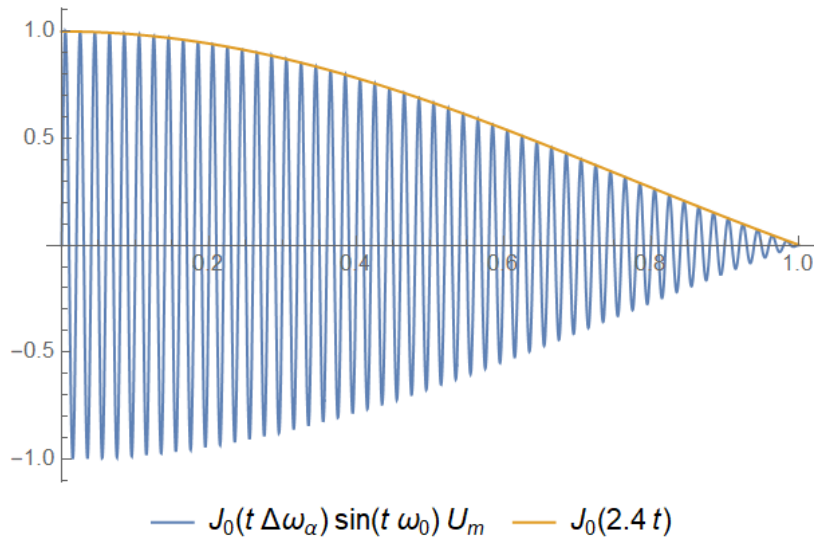


Рис. 2. Графики, огибающей функций Бесселя (оранжевый) и модулированного сигнала (синий)

Значения, вычисленные по формуле $\frac{1}{2}J_{\alpha+1}^2(\mu_1)$, представлены в таблице 2.

Массив значений, вычисленные по формуле $\int_0^1 t J_{\alpha}(\mu_1 t) J_{\alpha}(\mu_2 t) dt$ представлены в таблице 3.

Таблица 2

Расчётные значения для корней $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ по формуле $\frac{1}{2}J_{\alpha+1}^2(\mu_1)$

	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4
$\frac{1}{2}J_{\alpha+1}^2(\mu_1)$	0.1348	0.0579	0.0368	0.0270

Таблица 3

Расчётные значения для корней $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ по формуле $\int_0^1 t J_{\alpha}(\mu_1 t) J_{\alpha}(\mu_2 t) dt$

	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4
μ_1	0.1348	0.0000	0.0000	0.0000
μ_2	0.0000	0.0579	0.0000	0.0000
μ_3	0.0000	0.0000	0.0368	0.0000
μ_4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0270

Полученные значения совпадают с расчётными, что позволяет идентифицировать передаваемый ОКЧМ сигнал.

Вывод. В статье проведено математическое исследование ортогональной кодово-частотной модуляции. приведены формулы, описывающие свойство ортогональности функций Бесселя. Предложен способ применения ортогональности функции Бесселя для распознавания сигнала в ортогональной кодово-частотной модуляции.

Как видно из уравнения ортогональности функции Бесселя и как показано математически, при использовании корней функции Бесселя в качестве передаваемого числа – возможно распознать сигнал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рид Р. Основы теории передачи информации. М: Вильямс. 2004. 304 с.
2. Авсиевич А.В. Разработка метода идентификации нестационарных процессов с ортогональной кодово-частотной модуляцией: диссертация кандидата технических наук: Братск. 2002. 118 с.
3. Авсиевич А.В., Гумаров А.Р Структурная модель генератора сигнала с ортогональной кодово-частотной модуляцией // Мехатроника. автоматизация и управление на транспорте: материалы III Всероссийской научно-практической конференции (Самара. 26–27 января 2021 г.). – Самара: СамГУПС. 2021. – С. 13–16.
4. Кошляков Н. С. и др. Уравнения в частных производных математической физики. Учеб. пособие для мех.-мат. фак. ун-тов. М. «Высшая школа». 1970. 712 с.
5. Абрамовиц М., Стиган И. (ред.). Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами. М.: Наука. 1979. – 832 с.
6. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. М: Радио и связь. 1986. – 512 с.

УДК 681.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИТЕРАЦИОННОГО АЛГОРИТМА СОВМЕЩЕНИЯ КОНТУРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПОДУКЛОНКИ РЕЛЬСА В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ

Диязитдинов Р.Р., Васин Н.Н.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Измерение подуклонки рельса в системах контроля рельсовой колеи происходит косвенным образом: по положению контрольных точек на головке рельса. Эти точки измеряют при обработке контуров рельсов, которые получены с помощью профильных датчиков. Существующий косвенный способ измерения подуклонки характеризуется высокой погрешностью, которая связана с дискретностью измерений профильных датчиков, чувствительностью приемника датчика и малой базой (расстоянием) между контрольными точками. Для уменьшения погрешности измерения подуклонки разработан алгоритм совмещения контуров рельсов, который используется боковую неизношенную часть головки рельса для более точного измерения угла наклона рельса (а, следовательно, и подуклонки) по сравнению с углом, измеренным по контрольным точкам. Усовершенствованная методика обеспечивает более высокое качество измерений подуклонки.

Ключевые слова: подуклонка, итерационный, совмещение, рельс, автоматизированный, погрешность, качество.

USING AN ITERATIVE CONTOUR MATCHING ALGORITHM TO IMPROVE THE QUALITY OF MEASUREMENTS OF THE RAIL SLOPE IN AUTOMATED SYSTEMS FOR MONITORING THE GEOMETRY OF THE RAIL TRACK

Diyazitdinov R.R., Vasin N.N.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The measurement of the rail inclination for monitoring railway geometry system occurs indirectly: by the position of the control points on the rail head. These points are measured by the contours of the rails. The contours are measured by profile sensors. The existing indirect method of measuring the inclination is characterized by a high

error. It's related by the measurement resolution of the profile sensors, the sensitivity of the sensor receiver and the small distance between the control points. The article is described an algorithm for reducing the error of the inclination measuring. This algorithm superposes the rail contours by the side of the unworn part of the rail head to more accurately measure the angle of inclination than the technique by the control points. The modified technique provides a higher quality of inclination measurements.

Keywords: inclination, iteration, superposition, rail, monitoring, error, quality.

Обеспечение безопасности движения на железной дороге является одной из важнейших задач. Для контроля состояния железнодорожного путей используются специальные вагоны-лаборатории, которые называются путеизмерителями. Путеизмерители оборудуются датчиками и компьютерами со специализированным программным обеспечением. Этот аппаратно-программный комплекс формирует автоматизированную систему контроля геометрии рельсовой колеи.

Одним из параметров, играющих важную роль в оценке безопасности пути, является подуклонка. Подуклонка определяет взаимодействие колеса и рельсов. В частности подуклонка напрямую влияет на напряжение в рельсах и пространственные перемещения рельсовых нитей под нагрузкой [1, 2].

Фактическое значение подуклонки учитывается при планировании ремонтных работ и установление ограничений движения. По этой причине обеспечение высокого качество измерения (минимально возможной погрешности) этого параметра является актуальной задачей.

Методика измерения подуклонки следует из определения [3]. Подуклонка – угол наклона плоскости подрельсовой площадки к продольной оси шпалы, измеряемый в вертикальной плоскости. Прямой способ измерения подуклонки невозможно организовать (см. рис. 1, а), так как рельс закрывает поверхность подрельсовой площадки, а продольная ось шкалы часто засыпана щебнем (в летний период) или укрыта снегом (в зимний период). По этой причине на путеизмерителях используется косвенный способ измерения подуклонки (см. рис. 1, б).

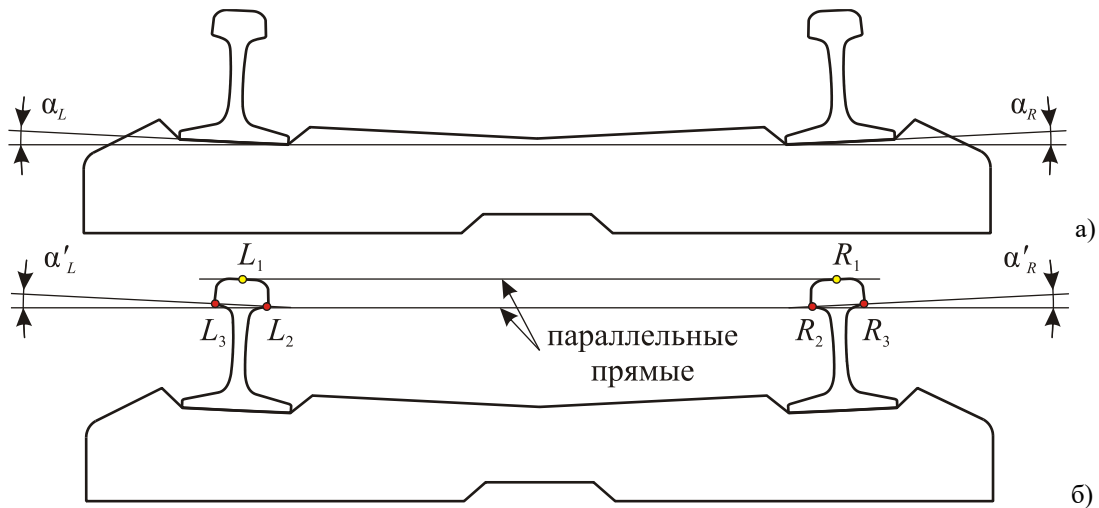


Рис. 1. Методика измерения подуклонки: а – прямой способ, б – косвенный способ

Точки R_1 и L_1 – это точки на головке рельса, приблизительно соответствующие точке пересечения контура рельса с осью симметрии (примечание: в действительности никакой оси симметрии у фактического рельса не существует, и определение этих точек определяется в соответствии с методикой, принятой производителем путеизмерителя, при этом небольшие различия в координатах этих точек по разным методикам не оказывают существенного влияния на подуклонку, так как расстояние между R_1 и L_1 велико в направлении оси X , и небольшое различие в координатах вдоль оси Y не оказывает существенного влияния на угол, образуемый прямой, проходящей через R_1 и L_1).

Точки R_2 и R_3 (L_2 и L_3) определяют прямую, которая теоретически параллельна подрельсовой площадке. Точки R_2 и R_3 (L_2 и L_3) – это точки, ограничивающие головку рельса (примечание: в дальнейшем будем называть их контрольными точками). Основная погрешность при измерении подуклонки определяется именно контрольными точками и связана она с профильными датчиками, измеряющими профиль рельса.

Можно выделить три фактора, влияющих на погрешность [4, 5]:

- дискретность профильного датчика (шаг дискретизации между отсчетами составляет от 0,5 до 1,0 мм), т.е. точность оценки контрольных точек не может превысить половины шага дискретизации;

- низкая отражающая способность в районе контрольных точек приводит к тому, что очки профиля могут не фиксироваться в этой части рельса из-за недостаточной чувствительности приемника;

- небольшое расстояние между контрольными точками (примечание: для рельса Р65 составляет порядка 72 мм), что также определяет высокую чувствительность к углу прямой, образуемой этими контрольными точками.

Наглядный пример погрешности, возникающей из-за контрольных точек, показан на рисунке 2. На рисунке показан результат совмещения эталонного неизношенного рельса с измеренным профилем по контрольным точкам. По рисунку видно, что эталонный рельс не совпадает с измеренным в той части головки рельса, которая не контактирует с ребордой колеса. Теоретически контуры эталонного и измеренного рельса должны совпадать в этом месте, так как эта часть головки рельса не подвергается механическим воздействиям.

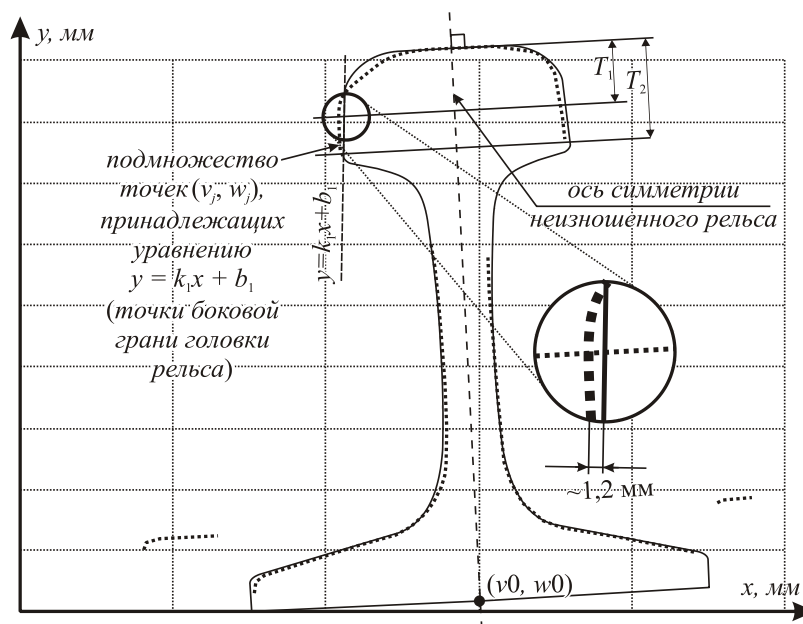


Рис. 2. Совмещение измеренного и эталонного рельса по контрольным точкам

Исходя из этого рисунка, был придуман способ, позволяющий уменьшить погрешность: провести совмещение контуров рельсов по указанному месту, которое не подвержено износу. А положение контрольных точек на эталонном рельсе использовать для расчета подуклонки, так как координаты этих точек будут точнее определять положение подрельсовой площадки, чем контрольные точки на измеренном профиле рельса.

Для совмещения был разработан соответствующий итерационный алгоритм, который используется подмножество точек на измеренном профиле рельса и уравнение прямой линии на эталонном рельсе, которое соответствует этому подмножеству точек.

Подмножество точек на измеренном профиле рельса определяется как точки контура, удовлетворяющему условию, что координата $w \in [T_1, T_2]$. Подмножество точек обозначим

как (v_j, w_j) , $j = 1, \dots, m1$. На рисунке 2 показана точка $(v0, w0)$. Вокруг этой точки будет производиться разворот, чтобы точки (v_j, w_j) легли на прямую $y = k_1x + b_1$. Примечание: параметры T_1, T_2 и точка $(v0, w0)$ выбирались экспериментальным путем, для рельса Р65: $T_1 = 20$ мм, $T_2 = 30$ мм.

Математическая модель, связывающая между собой точки (v_j, w_j) и уравнение $y = k_1x + b_1$ имеет вид:

$$x_j = (v_j - v0) \cdot \cos(\alpha) - (w_j - w0) \cdot \sin(\alpha) + v0; \quad (1)$$

$$y_j = (v_j - v0) \cdot \sin(\alpha) + (w_j - w0) \cdot \cos(\alpha) + w0. \quad (2)$$

Подставим выражения (1) и (2) в уравнение прямой $y - k_1x - b_1 = 0$, и для определения неизвестного параметра α воспользуемся методом наименьших квадратов:

$$F(\alpha) = \sum_{j=1}^{m1} \left[(v_j - v0) \cdot \sin(\alpha) + (w_j - w0) \cdot \cos(\alpha) + w0 - k_1 \left((v_j - v0) \cdot \cos(\alpha) - (w_j - w0) \cdot \sin(\alpha) + v0 \right) - b_1 \right]^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

Обозначим:

$$vr_j = v_j - v0, \quad wr_j = w_j - w0.$$

Также при малом угле α можно сделать замену:

$$\cos(\alpha) \approx 1, \quad \sin(\alpha) \approx \alpha.$$

С учетом введенных замен выражение $F(\alpha)$ запишется в виде:

$$F(\alpha) = \sum_{j=1}^{m1} \left[vr_j \cdot \alpha + wr_j + w0 - k_1 (vr_j - wr_j \cdot \alpha + v0) - b_1 \right]^2 \rightarrow \min. \quad (4)$$

Также обозначим:

$$p_1 = -(w0 + k_1 \cdot v0 - b_1). \quad (5)$$

Итоговое выражение $F(\alpha)$:

$$F(\alpha) = \sum_{j=1}^{m1} \left(vr_j \cdot \alpha + wr_j - k_1 (vr_j - wr_j \cdot \alpha) - p_1 \right)^2 \rightarrow \min. \quad (6)$$

По методу наименьших квадратов $\frac{\partial F(\alpha)}{\partial \alpha} = 0$ определяется выражение для оценки угла поворота:

$$\alpha = \frac{N}{M}, \quad (7)$$

где $N = k_1^2 \sum_{j=1}^{m1} vr_j \cdot wr_j + k_1 \sum_{j=1}^{m1} vr_j^2 + k_1 p_1 \sum_{j=1}^{m1} wr_j + p_1 \sum_{j=1}^{m1} vr_j - k_1 \sum_{j=1}^{m1} wr_j^2 - \sum_{j=1}^{m1} vr_j \cdot wr_j$,

$$M = k_1^2 \sum_{j=1}^{m1} wr_j^2 + 2k_1 \sum_{j=1}^{m1} vr_j \cdot wr_j + \sum_{j=1}^{m1} vr_j^2.$$

Так как выражение (7) получено с учетом допущений относительно величины угла α , то для уточнения можно использовать итерационную процедуру.

Итоговый итерационный алгоритм имеет следующий вид:

1. Выбор первоначального значения угла поворота $\alpha_k, k = 0$.
2. Расчет матрицы поворота:

$$M = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{bmatrix},$$

3. Расчет координат точек с учетом поворота:

$$\begin{bmatrix} vr_j \\ wr_j \end{bmatrix} = M \cdot \begin{bmatrix} v_j - v0 \\ w_j - w0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_j - v0 \\ w_j - w0 \end{bmatrix}.$$

4. Расчет переменные N и M по параметрам $vr_j, wr_j, k_1, b_1, v0, w0$.

5. Расчет угла $\alpha = \frac{N}{M}$.

6. Пересчет угла поворота для совмещения контуров: $k = k+1, \alpha_k = \alpha_{k-1} + \alpha$.

7. Переход к шагу 2.

Количество переходов определяет количество итераций. Выход из процедуры происходит по критерию: $|\alpha_k - \alpha_{k-1}| < thr$, где thr – порог. При моделировании использовался порог равный 10^{-9} рад.

Ниже представлены результаты сравнения существующей и модифицированной методики измерения подуклонки (см. рис. 3). На рисунках представлены измерения подуклонки, полученных по двум проездам путеизмерителя на одном участке. Результаты измерения были совмещены друг с другом для оценки повторяемости параметра.

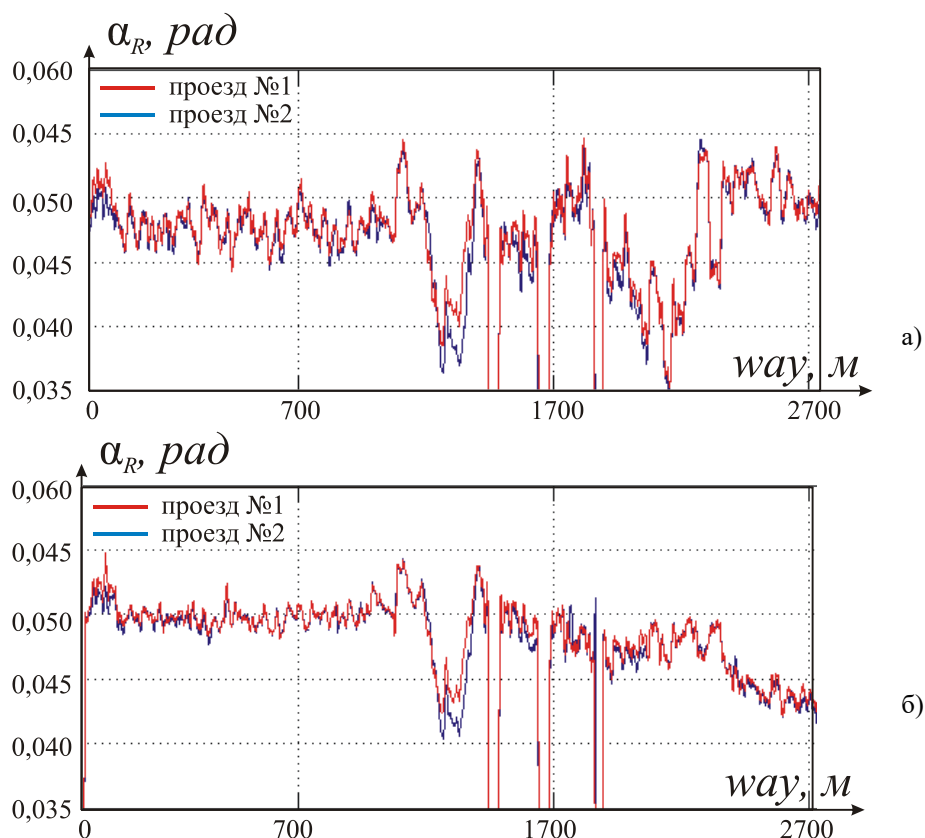


Рис. 3. Подуклонка, измеренная в соответствии с существующей (а) и модифицированной методикой (б)

Как можно видеть из рисунка 3, существующая методика формирует сигналы со значительными перепадами, что не соответствует реальному физическому поведению подуклонки на некоторых участках пути.

А расчет повторяемости на указанном участке показывает, что среднеквадратичная значение разности у модифицированной методики составляет $\sim 1,5 \cdot 10^{-3}$ рад, в то время как у существующей $\sim 4,5 \cdot 10^{-3}$ рад.

Описанные результаты позволяют сделать вывод, что использование модифицированной методики измерения подуклонки с одной стороны позволяет повысить достоверность измерений (уменьшается доля измерений с явно неверным измерением параметра), а с другой стороны позволяет уменьшить погрешность (улучшается повторяемость), что в конечном итоге повышает качество измерений путеизмерителя и повышает безопасность движения железнодорожного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потапов А.В. Подуклонка лежащих в пути рельсов. Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2016. – № 3(17). – С. 21-23.
2. Атапин В.В., Кочетков Ю.А., Галлямов Д.И., Бахтияров Э.М. Обеспечение стабильности подуклонки рельсов при различных промежуточных скреплениях. Путь и путевое хозяйство. – 2021. – № 5. – С. 15-17.
3. ГОСТ 33320-2015. Шпалы железобетонные для железных дорог. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. - 28 с.
4. Васин, Н.Н., Дязитдинов Р.Р. Обработка данных оптических триангуляционных сканеров для измерения профилей рельсов. Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42. – № 6. – С. 1054-1061. – DOI 10.18287/2412-6179-2018-42-6-1054-1061.
5. Дязитдинов, Р.Р. Итерационный алгоритм оценки смещений, угла поворота и масштаба для совмещения контуров. Инфокоммуникационные технологии. – 2021. – Т. 19. – № 3. – С. 283-292. – DOI 10.18469/ikt.2021.19.3.03.

УДК 004.67

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АНАЛИЗ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ДРОБНОГО ПОРЯДКА

Жалилова А. А., Авсиевич А.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В этой статье представлена разработка нового метода настройки, а производительность ПИД-регулятора дробного порядка включает параметр ПИД-регулятора целочисленного порядка. Настройка ПИД-регулятора в основном выполняется с использованием метода настройки Циглера-Николса. Все параметры регулятора, а именно K_p (пропорциональное усиление), K_i (интегральное усиление), K_d (дифференциальное усиление), можно определить с помощью метода Циглера и Николса. ПИД-регулятор с дробным порядком (ФОПИД) – это особый вид ПИД-регулятора, производная и целочисленность которого имеют дробный, а не целочисленный порядок. Для разработки контроллера ФОПИД необходимо определить два важных параметра λ (порядок интегратора) и μ (порядок производной). В этой статье показано, что отклик и производительность контроллера ФОПИД намного лучше, чем у ПИД-регулятора целочисленного порядка для той же системы.

Ключевые слова: ПИД-регулятор, ФОПИД-регулятор, метод Циглера-Николса.

RESEARCH OF METHODS AND ANALYSIS OF SETTING PARAMETERS OF THE PID REGULATOR OF FRACTIONAL ORDER

Zhalilova A.A., Avsievich A.V.

Samara, Samara State Transport University, Russia

Abstract. This paper presents the development of a new tuning method and performance of the fractional order PID controller includes the integer order PID controller parameter. The tuning of the PID controller is mostly done using Zeigler and Nichols tuning method. All the parameters of the controller, namely K_p (Proportional gain), K_i (integral gain), K_d (derivative gain) can be determined by using Zeigler and Nichols method. Fractional order PID (FOPID) is a special kind of PID controller whose derivative and integral order are fractional rather than integer. To design FOPID controller is to determine the two important parameters λ (integrator order) and μ (derivative order). In this paper it is shown that the response and performance of FOPID controller is much better than integer order PID controller for the same system

Keywords: PID controller, FOPID controller, Ziegler-Nichols method.

ПИД-регулятор – это хорошо известный регулятор, который используется в большинстве программ систем автоматического управления. Его популярность достигается благодаря его простоте и возможности автоматической настройки нескольких параметров. На настоящее время ПИД-регулятор используется более чем в 90 % контуров управления. В качестве примера для применения ПИД-регулятора в промышленности можно указать медленный текущий промышленный процесс с низким процентом перерегулирования и

малым временем переходного процесса. Этот контроллер обеспечивает качественную обратную связь и имеет возможность устранять запаздывание за счет действия производной составляющей. Действие производной составляющей в контуре управления улучшает демпфирование, и, следовательно, за счет ускорения переходной характеристики можно получить более низкий пропорциональный коэффициент усиления. Многие теоретические и практические исследования были проведены в правилах настройки ПИД-регулятора Циглером и Николсом в 1942 г., которые предложили метод настройки параметров ПИД-регулятора. Хагглюндом и Астромом в 1955 г. и Ченчингом в 1999 г. представле другой метод, основанный на обобщении производных и целых порядков от целочисленного поля до нецелых чисел получается ПИД-регулятор дробного порядка [1].

Производительность ПИД-регулятора можно улучшить, используя производные и интегралы дробного порядка [2–5]. Хорошие результаты по улучшению производительности от применения ПИД – регулятора дробного порядка показали исследования по управлению дизельным двигателем со смешанной системой питания «дизель-газ» в работах [6–10].

ПИД-регулятор целочисленного порядка. Аббревиатура ПИД – регулятора определяется по первой букве имени названия действий, которые производит стандартный трехчленный контроллер. Это П – пропорциональный член, который производит корректировку пропорционально рассогласованию, И – интегральный член производит корректировку по значению накопленного рассогласования и Д – дифференциальный член котрый проводит корректировку по величине изменения рассогласования в контроллере.

Контроллер отслеживает расхождение между измеряемой переменной процесса и желаемой уставкой; на основе этой ошибки вычисляется корректирующий сигнал, который в конечном итоге передается на входную сторону для соответствующей корректировки процесса. Дифференциальное уравнение для ПИД-регулятора:

$$u(t) = K_p e(t) + T_i \int_0^t e_p(t) dt + T_d \frac{d}{dt} e(t) dt. \quad (1)$$

Таким образом, алгоритм ПИД-регулятора описывается взвешенной суммой трех функций времени, где три различных веса: K_p (пропорциональное усиление) определяет влияние текущего значения ошибки на механизм управления, T_i (интегральное усиление) определяет реакция основана на площади под кривой времени ошибки до текущей точки, а T_d (дифференциальное усиление) учитывает степень реакции на скорость изменения ошибки во времени.

Краткая математическая основа дробного исчисления. Порядки дробного исчисления, в отличии от целочисленного, где порядок дифференциального уравнения определяется натуральным числом, является действительное число. В современной литературе можно найти множество различных определений общей интегро-дифференциальной операции. Среди них наиболее часто используемые интегро-дифференциальные выражения даны Чауши, Риманом-Лиувиллем, Грюнвальдом, Летниковым и Капуто. Эти определения необходимы для реализации алгоритма управления. Сначала мы обобщим дифференциальный и интегральный операторы в один фундаментальный оператор ${}_a D_t^a$, где

$$\begin{aligned} {}_a D_t^a &= \frac{d^a}{dt^a} \text{ для } R(a) > 0 \\ {}_a D_t^a &= 1 \text{ для } R(a) = 0 \\ {}_a D_t^a &= \int_a^t (dt)^{-a} \text{ для } R(a) < 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$R(a)$ – обозначим действительную часть a , которая, вообще говоря, является комплексной величиной, это говорит о том, что дробный интеграл может быть комплексным. Для дискретного вычисления дробного дифференциала существует определение Грюнвальда-Летникова:

$${}_a D_t^a f(t) = L t_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h^a} \sum_{j=0}^{\lfloor \frac{t-a}{h} \rfloor} (-1)^j \binom{a}{j} f(t - jh). \quad (3)$$

Дробный порядок для системы первого порядка показан на рис. 1.

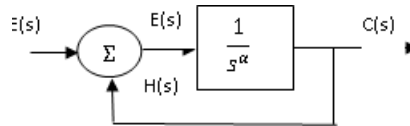


Рис. 1. Дробный порядок для системы первого порядка

Передачная функция определяется выражением

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{s^{\alpha+1}}. \quad (4)$$

Предположив, что $s = j\omega$, передачная функция замкнутого контура, заданная $H(j\omega)$,

$$H(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^{\alpha} + 1}; \text{ где } j^{\alpha} = \cos\frac{\pi\alpha}{2} + \sin\frac{\pi\alpha}{2}j,$$

откуда

$$H(j\omega) = \frac{1}{(\omega^{\alpha} \cos\frac{\pi\alpha}{2} + 1) + j\omega^{\alpha} \sin\frac{\pi\alpha}{2}}. \quad (5)$$

Для проектирования системы нам нужно максимальное значение $|H(j\omega)|$ и частота ω_p , где максимум происходит там, где

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\omega^{2\alpha} + 2\omega^{\alpha} \cos\frac{\pi\alpha}{2} + 1}}, \quad (6)$$

$$\text{Arg}H(j\omega) = -\tan^{-1}\left(\frac{\omega^{\alpha} \sin\frac{\pi\alpha}{2}}{\omega^{\alpha} \cos\frac{\pi\alpha}{2} + 1}\right)$$

Дробное дифференциальное уравнение для системы управления дробного порядка может быть записано как [5]

$$a_n \frac{d^{\alpha_n} y(t)}{dt^{\alpha_n}} + a_{n-1} \frac{d^{\alpha_{n-1}} y(t)}{dt^{\alpha_{n-1}}} + \dots + a_0 \frac{d^{\alpha_0} y(t)}{dt^{\alpha_0}} = b_n \frac{d^{\beta_m} x(t)}{dt^{\beta_m}} + \dots + b_0 \frac{d^{\beta_0} x(t)}{dt^{\beta_0}}, \quad (7)$$

где $a_n > a_{n-1} > \dots > a_0 \geq 0$ и $\beta_n > \beta_{n-1} > \dots > \beta_0 \geq 0$ – константы.

Основная концепция ПИД-регулятора дробного порядка [6]. Рассмотрим систему управления с отрицательной обратной связью, как показано на рис. 2.

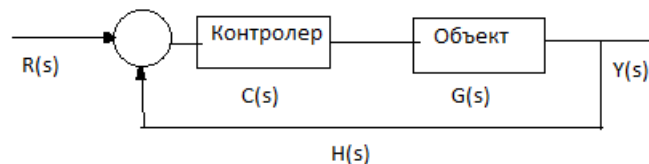


Рис. 2. Система управления с отрицательной обратной связью

Непрерывная передачная функция в контролере реализуется для ПИД – регулятора дробного порядка получается с помощью преобразования Лапласа и имеет вид

$$C(s) = K_p + \frac{T_i}{s^{\lambda}} + T_d s^{\mu}. \quad (8)$$

Зачет увеличения настраиваемых параметров ПИД-регулятор дробного порядка расширяет ПИД-регулятор целочисленного порядка от точки до плоскости, тем самым

добавляя гибкости конструкции контроллера и позволяя нам более точно управлять нашими реальными процессами, но только за счет увеличения сложности конструкции.

Метод настройки ПИД-регулятора дробного порядка. Чтобы получить K_p (пропорциональное усиление), константу интегрального члена (K_i), константу производного члена K_d , дробный порядок дифференциатора μ и дробный порядок интегратора λ используем метод основанный на классическом правиле настройки Циглера-Николса для получения K_p и K_i . Чтобы получить начальное значение K_d , была проведена некоторая точная настройка с использованием метода Астрома-Хагглюнда, описанного ранее. Дробный порядок λ и μ получают для достижения заданного запаса по фазе.

Пусть φ_{pm} – требуемый запас по фазе, а ω_{cp} – частота критической точки на кривой Найквиста для $G(s)$, при которой $\arg(G(j\omega_{cp})) = -180$, тогда запас по усилению определяется как

$$g_m = \frac{1}{|G(j\omega_{cp})|} = K_c. \quad (9)$$

Чтобы сделать запас по фазе системы равным φ_{pm} и $|C(j\omega_{cp})G(j\omega_{cp})| = 1$ должно выполняться следующее уравнение:

$$C(j\omega_{cp}) = \frac{1}{|G(j\omega_{cp})|} e^{j\varphi_{pm}} = K_c \cos \varphi_{pm} + j K_c \sin \varphi_{pm}. \quad (10)$$

Затем мы записываем $C(j\omega_{cp})$, используя уравнение:

$$C(j\omega_{cp}) = K_p + K_i \omega_{cp}^{-\lambda} \cos\left(\frac{\pi}{2}\lambda\right) + K_d \omega_{cp}^{\mu} \cos\left(\frac{\pi}{2}\mu\right) + \left[-K_i \omega_{cp}^{-\lambda} \sin\left(\frac{\pi}{2}\lambda\right) + K_d \omega_{cp}^{\mu} \sin\left(\frac{\pi}{2}\mu\right)\right] \quad (11)$$

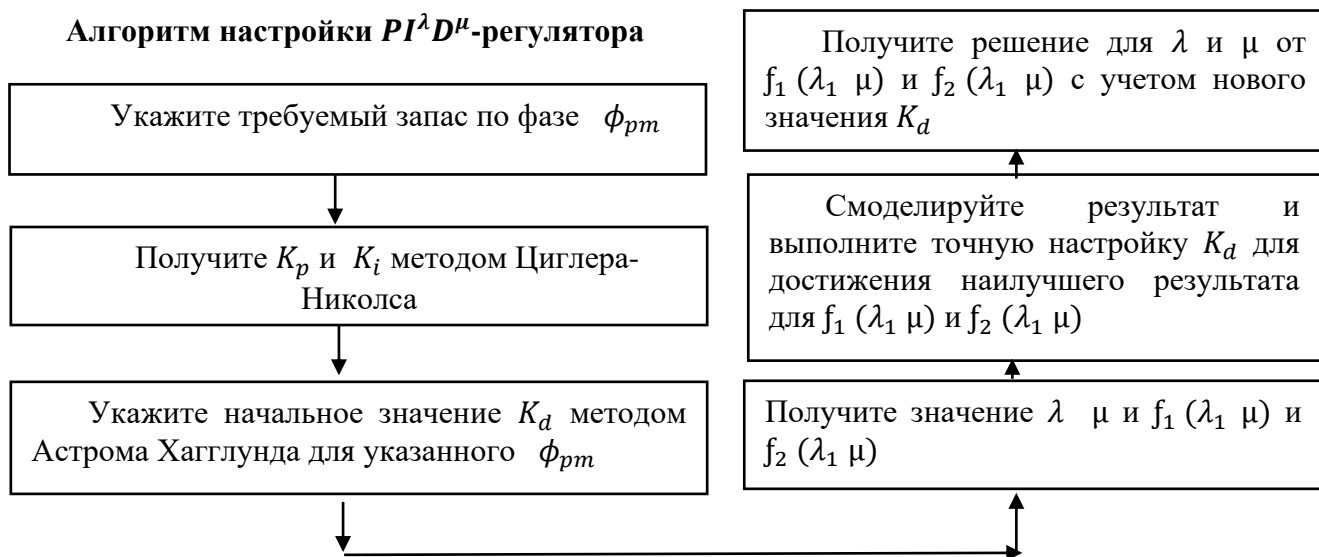
Учитывая уравнения (10) и (11), мы можем написать

$$f_1(\lambda, \mu) = K_p + K_i \omega_{cp}^{-\lambda} \cos\left(\frac{\pi}{2}\lambda\right) + K_d \omega_{cp}^{\mu} \cos\left(\frac{\pi}{2}\mu\right) = 0 \quad (12)$$

$$f_2(\lambda, \mu) = -K_i \omega_{cp}^{-\lambda} \sin\left(\frac{\pi}{2}\lambda\right) + K_d \omega_{cp}^{\mu} \sin\left(\frac{\pi}{2}\mu\right) = 0 \quad (13)$$

Численное решение для λ и μ может быть получено с помощью уравнений (12) и (13).

Алгоритм настройки $PI^{\lambda}D^{\mu}$ -регулятора



Постановка проблемы. Передаточная функция, рассматриваемая для реализации ПИД- и ФОПИД-регулятора, имеет вид

$$G(s) = \frac{1}{s(s^2 + 3s + 2)}$$

Используя устойчивость Рауса, частота перехода фазы системы может быть определена как $\omega_{cp} = \sqrt{2}$, а запас по усилению системы может быть получен как $Kc = 6$.

Для настройки ПИД-регулятора используется настройка замкнутого контура Циглера-Николса. Kp , Ki и Kd полученного регулятора составляют 3,6, 1,63 и 1,98. Получение ПИД-регулятора может быть задано как $C_1(s)$

$$C_1(s) = 3.6 + \frac{1.63}{s} + 1.98s$$

Используя классический метод Астрона Хагглунда, значение параметров ПИД-регулятора было рассчитано для заданного запаса по фазе (φ_{pm}) при 40° .

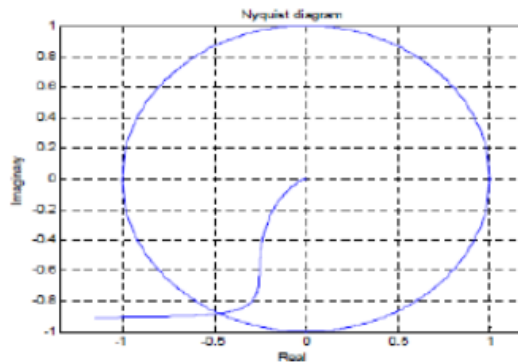


Рис. 3. Рассчитанное значение параметров ПИД-регулятора для заданного запаса по фазе (φ_{pm}) при 40°

Регулятор, полученный классическим методом Астрона Хагглунда, имеет вид:

$$C_3(s) = 4.59 + \frac{1.51}{s} + 3.48s$$

Предлагаемый метод использует значения Kp и Ki из метода Циглера-Николса. Значение Kd было получено с использованием метода Астрона-Хагглунда для заданного запаса по фазе ($\varphi_{pm} = 40^\circ$). Используя точную настройку Kd , можно получить наилучшее решение с помощью уравнения (12) и (13) для заданного запаса по фазе.

Эти два уравнения можно решить с помощью набора инструментов «fsolve» пакета MATLAB, чтобы получить значения λ и μ для нового значения Kd для запаса по фазе ($\varphi_{pm} = 40^\circ$).

Переходная характеристика системы для $C_1(s)$, $C_2(s)$ и $C_3(s)$ для запаса по фазе 40° дана на рис. 4.

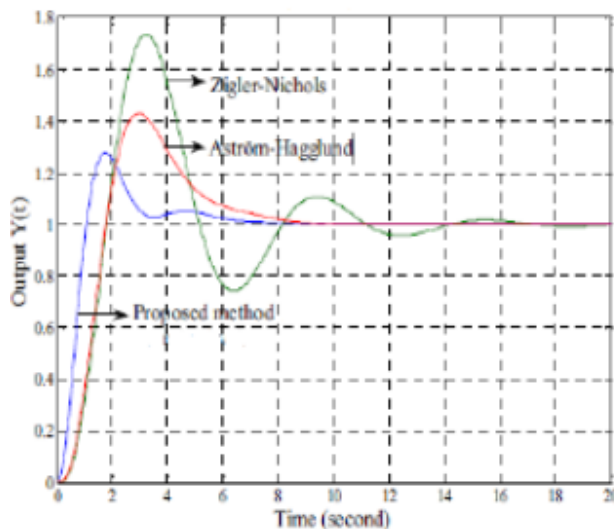


Рис. 4. Переходная характеристика системы для $C_1(s)$, $C_2(s)$ и $C_3(s)$ для запаса по фазе 40°

Предложен метод настройки ПИД-регулятора и ПИД-регулятора дробного порядка. Представленный метод основан на идее использования Циглера-Николса для K_p и K_i , в то время как метод Астрома-Хагглюнда используется для определения K_d для обычного PID. Аналогичным образом параметры K_p и K_i для ПИД-регулятора дробного порядка были рассчитаны по методу Циглера-Николса, а остальные параметры K_d , λ и μ были найдены по методу Астрома-Хагглюнда. Результат моделирования показал, что ПИД-регулятор дробного порядка имеет лучшую реакцию, чем обычный ПИД-регулятор.

Вывод. Сравнительное исследование предлагаемого метода настройки ПИД-регулятора дробного порядка, безусловно, будет очень важным. Регулятор ФОПИД обеспечивает область устойчивости, даже когда ПИД-регулятор целочисленного порядка не может обеспечить никакой области устойчивости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Astrom K. J., Hagglund T. The Future of PID Control, in IF AC Workshop on Digital Control // Past, Present and Future of PID Control. Terrassa. Spain. April 2000. Pp. 19–30
2. 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.
3. 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.
4. Авсиевич А.В. Перспективы развития математических моделей систем автоматического управления нецелого порядка // Вестник СамГУПС, - Самара: СамГУПС, 2020. – Вып. № 2 (48). – С. 89 – 93.
5. Авсиевич, А.В. САУ на основе моделей в форме дифференциальных уравнений дробного порядка / А.В. Авсиевич ; Самарский государственный университет путей сообщения. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2011. – 80 с.
6. Авсиевич, А. В. Алгоритмы дробного ПИД - управления в транспортных установках на газомоторном топливе / А. В. Авсиевич, В. В. Авсиевич // Наука и образование транспорту. – 2019. – № S1. – С. 2-7.
7. Ivaschenko, A. Fractional Controlling System of an Autonomous Locomotive Multifuel Engine / A. Ivaschenko, V. Avsievich, A. Avsievich // Proceedings - 2020 IEEE Conference on Industrial Cyberphysical Systems, ICPS 2020 : 3, Virtual, Tampere, 10–12 июня 2020 года. – Virtual, Tampere, 2020. – P. 425-428.
8. Ivaschenko, A. Fractional control system simulation to modernize a locomotive dual-fuel engine / A. Ivaschenko, V. Avsievich, A. Avsievich // Modelling and Simulation 2020 - The European Simulation and Modelling Conference, ESM 2020 : 34, Toulouse, 21–23 октября 2020 года. – Toulouse, 2020. – P. 242-244.
9. Avsievich, A. Intelligent Fractional Control System of a Gas-Diesel Engine / A. Avsievich, V. Avsievich, A. Ivaschenko // Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. – 2022. – Vol. 111. – P. 379-389.
10. Avsievich A. и др. Fractional Regulating Implementation in Digital Control Systems // Cyber-Physical Systems and Control II / под ред. Arseniev D.G., Aouf N. Cham: Springer International Publishing, 2023. С. 293–303.

УДК 004.94

УСКОРЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ МАТРИЧНОГО И МАТРИЧНО-ВЕКТОРНОГО УМНОЖЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Засов В.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Для ускорения операций матричного и матрично-векторного умножения предлагается использовать свойство разреженности матриц и векторов, характерное для многих практических приложений цифровой обработки сигналов. Приведены результаты вычислительных экспериментов, показывающие зависимость времени выполнения матричного умножения от размерности плотных и разреженных матриц и коэффициента разреженности.

Ключевые слова: матрица, вектор, умножение, время, разреженность, упакованный формат, параллельный, алгоритм.

ACCELERATION OF MATRIX AND MATRIX-VECTOR MULTIPLICATION OPERATIONS IN DIGITAL SIGNAL PROCESSING

Zasov V.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. To speed up the operations of matrix and matrix-vector multiplication, it is proposed to use the sparsity property of matrices and vectors, which is characteristic of many practical applications of digital signal processing. The results of computational experiments are presented showing the dependence of the execution time of matrix multiplication on the dimensions of dense and sparse matrices and the sparsity coefficient.

Keywords: matrix, vector, multiplication, time, sparsity, packed format, parallel, algorithm.

Операции матричного и матрично-векторного умножения являются одними из основных и широко применяемых в современных научных и инженерных приложениях. Это решение задач управления в технических и социально-экономических системах, физики, механики, цифровой обработки сигналов, а также задач, относящихся к области искусственного интеллекта: оптимизации, прогнозирования, принятия решений в условиях неопределенности, обнаружения и адаптивной обработки сигналов, распознавания и др.

Операции матричного и матрично-векторного умножения отличаются высокой вычислительной сложностью. Для перемножения матриц размерности $n \times n$ количество выполненных операций имеет порядок $O(n^3)$, а для умножения таких матриц на вектор, состоящий из n элементов, количество выполненных операций имеет порядок $O(n^2)$ [1].

Высокая вычислительная сложность упомянутых матричных операций при обработке матриц и векторов большой размерности затрудняет и усложняет применение этих операций в задачах оперативного управления в системах реального времени.

Для ускорения матричного и матрично-векторного умножения в настоящее время широко применяются параллельные вычислительные системы и параллельные алгоритмы матричных вычислений. Используя принципы распараллеливания, элементы матрицы разделяются на строки, столбцы, блоки (алгоритмы Фокса, Кэннона), которые далее распределяются по многим вычислительным устройствам (ядрам, процессорам) параллельных вычислительных систем [1].

Так как число ядер в центральном процессоре (CPU) компьютера небольшое (10–20), степень распараллеливания можно увеличить за счет использования ядер графического процессора (GPU) компьютера, число которых достигает нескольких тысяч. Технология Computer Unified Device Architecture (CUDA) [2] позволяет существенно в десятки–сотни раз ускорить выполнение параллельного матричного умножения по сравнению с последовательным матричным умножением.

Как правило, достигаемое ускорение, определяемое отношением времени выполнения последовательного алгоритма к времени выполнения параллельного алгоритма, существенно отстает от числа используемых вычислительных устройств.

Инженерная практика показывает, что при работе с большими данными (Big Data) например, в системах цифровой обработки сигналов (изображений, трехмерных сцен и др.) сокращение времени обработки за счет использования параллельных вычислений и GPU далеко не всегда является достаточным.

Целью работы является уменьшение времени выполнения параллельных алгоритмов матричного и матрично-векторного умножения в задачах цифровой обработки сигналов.

Для достижения поставленной цели в работе предлагается использовать априорные свойства матриц и векторов, а именно, свойство их разреженности, характерное для многих практических приложений.

Разреженными называются матрицы (sparse matrices в отличие от плотных матриц dense matrices) содержащие большое число нулевых элементов, например, число которых

превышает 50% от общего числа элементов [3, 4]. Разреженность матрицы (вектора) измеряется коэффициентом разреженности k_s , определяемым отношением числа нулевых элементов к общему числу элементов матрицы (вектора).

Например, разреженными матрицами и векторами описываются потоки коротких прерывистых сигналов (всплесков), изображения траекторий движения объектов, контрастные с выделенными контурами изображения и т.п. [5, 6]. Из существующих видов разреженных матриц [3, 4]: диагональных, ленточных, треугольных, теплицевых, смешанных в работе применяются смешанные матрицы, закон распределения нулевых элементов в которых случайный.

Для записи, хранения и обработки разреженных матриц исходный формат их записи преобразуют в упакованный формат, в котором хранятся только ненулевые элементы таких матриц вместе с необходимой информацией об их положении в матрице [3, 4]. Упакованные форматы хранения позволяют существенно ускорить процесс обработки матриц, так как в программе умножения предусматривается исключение тривиальных вычисления с нулевыми элементами матрицы. Кроме того, упакованные форматы хранения позволяет значительно сократить по сравнению с обычной форматами хранения требуемые ресурсы оперативной памяти, а также хранить и обрабатывать в оперативной памяти компьютере матрицы больших размерностей без использования сравнительно медленной дисковой памяти.

Таким образом, создается основа для уменьшения времени выполнения параллельных алгоритмов матричного и матрично-векторного умножения в задачах цифровой обработки сигналов.

Среди различных упакованных форматов хранения [3, 4]: списком координат (COO – Coordinate List), сжатое хранение строкой (CSR – Compressed Sparse Row), сжатое хранение столбцом (CSC – Compressed Sparse Column) и других, в работе для использования выбран формат CSR, как один из наиболее эффективных. Пример преобразования матрицы A из обычного в упакованный формат CSR приведен на рис. 1.



Рис. 1. Пример преобразования матрицы A из обычного в упакованный формат CSR

Массив *Value* хранит ненулевые значения матрицы взятые подряд из первой непустой строки, затем идут значения из следующей непустой строки и т. д.

Массив *Col* индексов столбцов хранит номера столбцов соответствующих элементов из массива *Value*.

Массив *RowIndex* хранит количество ненулевых элементов в строках с первой до последней строки включительно.

Для подтверждения эффективности предложенного в работе подхода, позволяющего уменьшить время выполнения параллельных алгоритмов матричного и матрично-векторного умножения за счет использования свойства разреженности матриц, выполнены вычислительные эксперименты.

Вычислительные эксперименты проведены на 8 – ядерном гиперпоточном процессоре Intel с тактовой частотой 2.90GHz с графическим процессором GPU и под управлением операционной системы Windows 10. Программы разработаны в среде Visual Studio с использованием технологий OpenMP и OpenCL [7] на языке C++.

Вычислительные эксперименты позволили определить количественные значения уменьшения времени выполнения параллельных алгоритмов матричного и матрично-векторного умножения для разреженных матриц, а также коэффициент разреженности k_s , начиная с которого применение упакованных форматов и ориентированных на эти форматы алгоритмов матричного и матрично-векторного умножения дает выигрыш в уменьшении времени обработки.

Действительно, переход на упакованные форматы для хранения и матричного умножения, с одной стороны, существенно уменьшает временные затраты на операции матричного умножения. С другой стороны, на преобразование из обычного формата в упакованный требуется определенное время.

Поэтому актуальной задачей является определение такого диапазона значений коэффициентов разреженности k_s , про которых уменьшение времени матричного умножения существенно превосходит дополнительные затраты времени на преобразования форматов хранения.

В табл. 1–3 приведены количественные показатели результатов параллельного матричного умножения для плотных матриц и разреженных матриц разного размера с коэффициентом разреженности 0,9. На рис. 2–4 приведены экспериментальные зависимости времени выполнения, а на рис. 5 зависимости ускорения параллельных алгоритмов матричного умножения для плотных и разреженных матриц разного размера.

Вычислительные эксперименты проводились для задач адаптивного подавления мощных коррелированных помех [8] и адаптивного эквалайзинга прерывистых сигналов [9].

Таблица 1

Результаты вычислительных экспериментов для параллельного алгоритма умножения плотных матрицы

Размерность матрицы	Последовательный алгоритм	Параллельный алгоритм											
		CPU								GPU			
		2 потока				4 потока							
Время, с	Время, с	Ускорение	Эффективность	Стоимость	Время, с	Ускорение	Эффективность	Стоимость	Время, с	Ускорение	Эффективность	Стоимость	
50002	0,082	0,06	1,367	0,683	2,733	0,039	2,103	0,526	8,41	0,00127	64,567	0,168	24793
100002	0,392	0,204	1,922	0,961	3,843	0,145	2,703	0,676	10,814	0,00421	93,112	0,242	35755
150002	0,78	0,468	1,667	0,833	3,333	0,287	2,718	0,679	10,871	0,00926	84,233	0,219	32346
200002	1,651	0,8	2,064	1,032	4,128	0,536	3,08	0,77	12,321	0,01626	101,538	0,264	38990
250002	2,34	1,253	1,868	0,934	3,735	0,792	2,955	0,739	11,818	0,02627	89,075	0,232	34205
300002	3,492	1,812	1,927	0,964	3,854	1,119	3,121	0,780	12,483	0,03753	93,046	0,242	35729

Таблица 2

Результаты вычислительных экспериментов для параллельного алгоритма умножения смешанных разреженных матрицы с коэффициентом разреженности 0,9

Количество элементов	Последовательный алгоритм	Параллельный алгоритм											
		CPU								GPU			
		2 потока				4 потока							
Время, с	Время, с	Ускорение	Эффективность	Стоимость	Время, с	Ускорение	Эффективность	Стоимость	Время, с	Ускорение	Эффективность	Стоимость	
50002	0,0047	0,004	1,175	0,588	2,35	0,004	1,175	0,294	1,175	0,00035	13,429	0,035	5156
100002	0,02	0,0152	1,316	0,658	2,632	0,011	1,818	0,455	1,818	0,0003	62,5	0,163	24000
150002	0,044	0,053	0,83	0,415	1,66	0,04	1,1	0,275	1,1	0,00036	122,22	0,318	46933
200002	0,078	0,115	0,678	0,339	1,357	0,075	1,04	0,26	1,04	0,00039	200	0,521	76800
250002	0,116	0,19	0,611	0,305	1,221	0,127	0,913	0,228	0,91	0,0004	313,51	0,816	120389
300002	0,234	0,373	0,627	0,314	1,255	0,196	1,194	0,298	1,19	0,00055	487,5	1,27	187200

Результаты вычислительных экспериментов для параллельного алгоритма умножения смешанных разреженных матрицы большой размерности с коэффициентом разреженности 0,9

Количество элементов	Последовательный алгоритм	Параллельный алгоритм											
		CPU								GPU			
		4 потока				8 потоков							
		Время, с	Время, с	Ускорение	Эффективность	Стоимость	Время, с	Ускорение	Эффективность	Стоимость	Время, с	Ускорение	Эффективность
500002	0,63	0,169	3,728	0,932	14,911	0,12	5,164	0,645	42	0,00042	1500	3,906	576000
1000002	2,413	1,079	2,236	0,559	8,945	0,72	3,37	0,421	26,811	0,0011	2194	5,713	842356
1500002	5,96	3,25	1,834	0,458	7,335	2,17	2,752	0,344	21,972	0,00249	2394	6,233	919133
2000002	10,1	7,079	1,427	0,357	5,707	5,15	1,961	0,245	15,689	0,0043	2349	6,117	901953
2500002	16,5	13,31	1,24	0,31	4,959	9,29	1,776	0,222	14,209	0,00671	2459	6,404	944262
3000002	23,123	22,67	1,02	0,255	4,08	15,36	1,505	0,188	12,043	0,00938	2465	6,42	946613

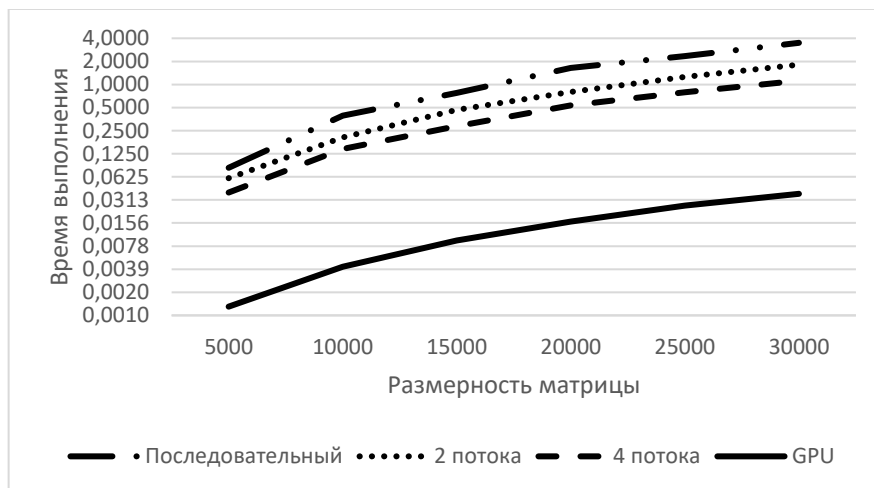


Рис. 2. Экспериментальные зависимости времени выполнения параллельного алгоритма умножения плотных матриц от размерности матриц

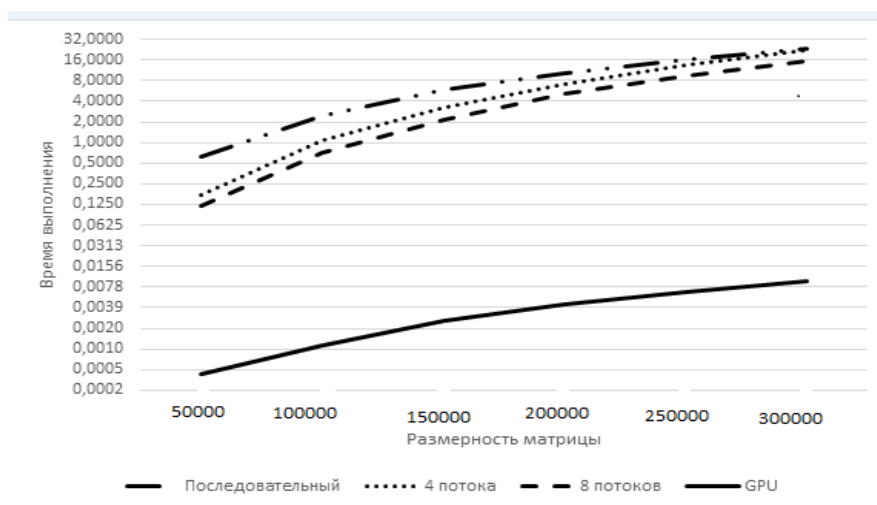


Рис. 3. Экспериментальные зависимости времени выполнения параллельного алгоритма умножения смешанных разреженных матрицы с коэффициентом разреженности 0,9 от размерности матриц

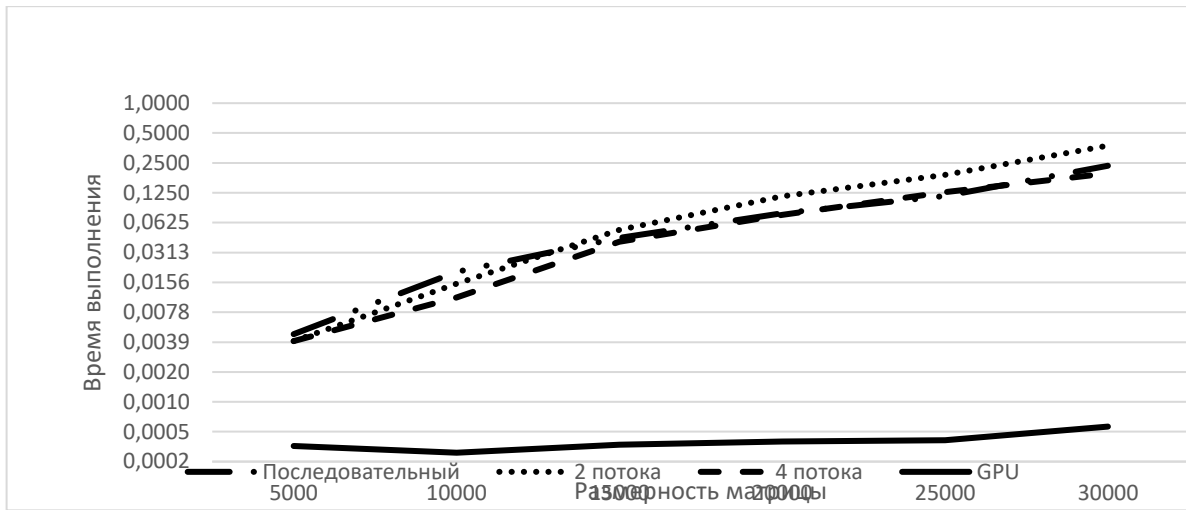


Рис. 4. Экспериментальные зависимости времени выполнения параллельного алгоритма умножения смешанных разреженных матриц большой размерности с коэффициентом разреженности 0,9 от размерности матриц

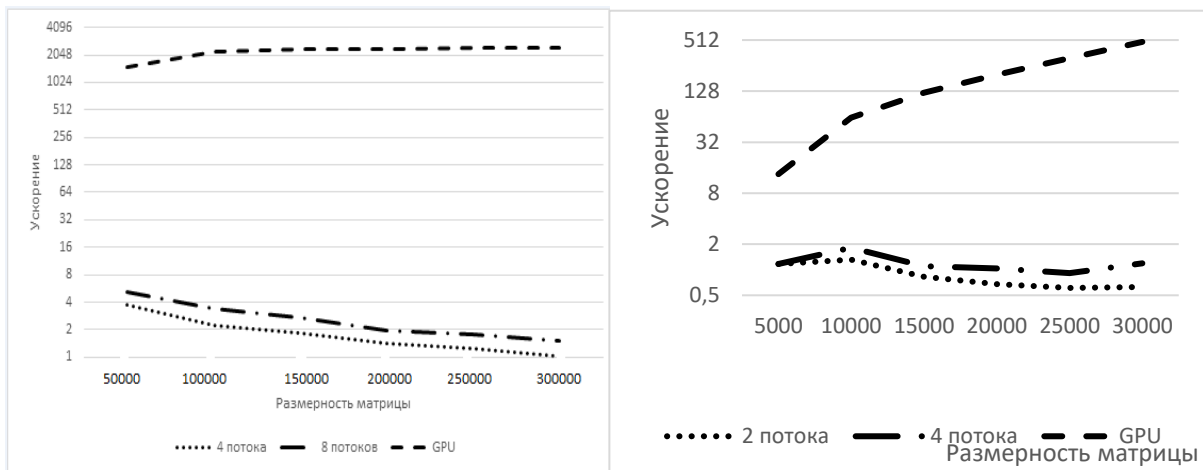


Рис. 5. Экспериментальные зависимости ускорения выполнения параллельного алгоритма умножения смешанных разреженных матриц обычной и большой размерности с коэффициентом разреженности 0,9 от размерности матриц

Результаты вычислительных экспериментов позволяют сделать следующие выводы.

Использование свойства разреженности матриц и векторов в задачах цифровой обработки сигналов, например [5, 6, 8, 9], позволяют существенно, в несколько раз, уменьшить время выполнения параллельных алгоритмов матричного и матрично-векторного умножения.

Однако, следует заметить, что такой выигрыш во времени базируется на априорной информации о свойствах обрабатываемых сигналов. Это ограничивает область применения предложенного в работе решения, хотя оставляет эту область достаточно широкой.

Вычислительные эксперименты показали, что количественные значения уменьшения времени матричного умножения и увеличения ускорения решения существенны (в несколько раз) только при большом коэффициенте разреженности k_s , если $k_s > 0,8$. Например, уменьшение времени матричного умножения на порядок достигается при коэффициенте разреженности $k_s = 0,9$.

Хотя операции преобразования обычного формата хранения в упакованный несложные и сводятся к сравнению и сортировке, их большой объем требует рутинных дополнительных вычислительных затрат, что снижает эффективность предложенного решения при малых k_s .

Сравнивая время выполнения и ускорение последовательных и параллельных вариантов алгоритмов матричного умножения разреженных матриц, можно сделать вывод, что распараллеливание алгоритмов в этих случаях практически мало эффективно и применение многоядерных CPU нецелесообразно. Существенный эффект дает только применение графических процессоров GPU для разреженных матриц большой размерности.

Результаты работы могут найти применение при решении задач цифровой обработки сигналов в системах мониторинга сложных объектов транспортной инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гегель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. М.: Интернет-Университет Информационных Технологий. БИНОМ: Лаборатория знаний, 2007. – 423 с.
2. Боресков А. В., Харламов А. А. Основы работы с технологией CUDA. М.: ДМК Пресс, 2010.–232 с.
3. Тьюарсон Р. Разреженные матрицы. М.: Мир, 1977. – 191 с.
4. Писсанецки С. Технология разреженных матриц. М.: Мир, 1988. – 410 с.
5. Zasov, V. Adaptive Cancellation of Interference in Intermittent and Pulse Signals / V. Zasov, M. Romkin// Data Science. Information Technology and Nanotechnology. Proc. of the Int. Conf. ITNT-2021, IEEEExplore, 2021. DOI: 10.1109/ITNT52450.2021.9649169.
6. Кравченко В.Ф. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 544 с.
7. Левин М.П., Параллельное программирование с использованием OpenMP. М: Интернет – Университет Информационных технологий. БИНОМ: Лаборатория знаний, 2012. – 118с.
8. Засов В.А., Ромкин М.В. Адаптивный компенсатор помех в прерывистых сигналах. Патент на полезную модель RU №148878 от 20.12.2014. Оpubл. БИ №35, 2014.
9. Засов В.А., Тарабардин М.А., Никоноров Е.Н. Адаптивный эквалайзер. Патент на полезную модель RU №104403 от 10.05.2011. Оpubл. БИ №13, 2011.

УДК 004.94

АДАПТИВНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ КОРРЕЛИРОВАННЫХ С ПОЛЕЗНЫМИ СИГНАЛАМИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПОМЕХ

Засов В.А., Ромкин М.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Рассматриваются адаптивные подавители коррелированных нестационарных помех, возникающих из-за проникновения полезных сигналов на опорный вход адаптивных подавителей. В работе предлагаются два решения для случаев, когда коэффициенты передачи канала проникновения полезного сигнала являются зависимыми и независимыми от частоты. Приведены результаты компьютерного моделирования, подтверждающие достоверность предложенных решений.

Ключевые слова: адаптивный, подавитель, коррелированные, помехи, пауза, полезный, сигнал, проникновение, опорный вход.

ADAPTIVE SUPPRESSION OF CORRELATED WITH USEFUL SIGNALS OF NON - STATIONARY INTERFERENCE

Zasov V.A., Romkin M.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. Adaptive suppressors of correlated non-stationary interference arising from the penetration of useful signals to the reference input of adaptive suppressors are considered. The paper proposes two solutions for cases where the transmission coefficients of the penetration channel of the useful signal are dependent and independent of frequency. The results of computer simulation are presented, confirming the reliability of the proposed solutions.

Keywords: adaptive, suppressor, correlated, interference, pause, useful, signal, penetration, reference input.

Подавление помех в сигналах является необходимой составляющей процесса первичной обработки данных, позволяющей увеличить достоверность и точность результатов обработки.

Адаптивные фильтры эффективно применяются для подавления помех с изменяющимися характеристиками, но классические адаптивные фильтры [1–4] не позволяют подавлять коррелированные с полезными сигналами помехи.

Предложенные в [5–7] адаптивные подавители помех (АПП) с адаптацией только в паузах сигналов позволяют подавлять мощные коррелированные с полезными сигналами помехи. Такие АПП эффективны для подавления только стационарных и квазистационарных коррелированных с полезными сигналами помех, что существенно ограничивает область применения этих АПП.

Структурная схема известного АПП [5–7] и структурная схема процесса формирования в объекте сигналов, поступающих на входы АПП, приведены на рис. 1.

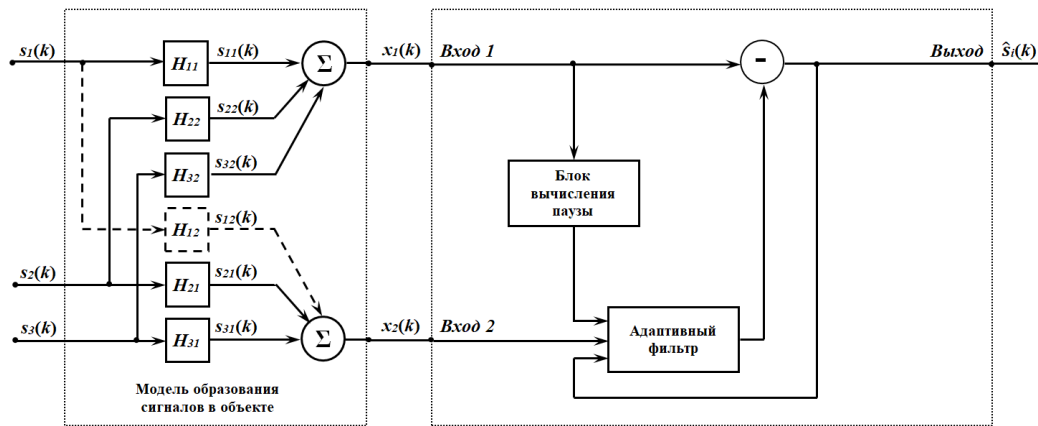


Рис. 1. Структурная схема известного АПП [5] и структурная схема процесса формирования в объекте сигналов, поступающих на входы АПП

На этом рисунке показаны: $s_1(k)$, $s_2(k)$, $s_3(k)$ – источники соответственно полезного сигнала, коррелированной и некоррелированной с полезным сигналом помехи, а $x_1(k)$ и $x_2(k)$ – аддитивные смеси полезного сигнала и помех, поступающее на вход 1 (сигнальный) и вход 2 (опорный) АПП. Адаптация – вычисление весовых коэффициентов адаптивного фильтра производится только в паузах полезного сигнала $s_{11}(k)$. Вне пауз полезного сигнала на входе 1 адаптация запрещена. В этом случае выделение сигнала $s_{11}(k)$ из аддитивной смеси с помехами $s_{22}(k)$ и $s_{32}(k)$ производится вычитанием из суммы $x_1(k)$ сигнала $x_2(k)$ с весовыми коэффициентами адаптивного фильтра, вычисленными в конце предшествующей паузы и записанными в буферную память.

Для эффективного подавления помех АПП, приведенным на рис.1, необходимо выполнение следующих двух условий: сигналы помех $s_2(k)$, $s_3(k)$ должны быть стационарными или квазистационарными, а частотный коэффициент передачи $H_{12}(k) = 0$ (этот канал передачи показан пунктиром). Если первое условие выполняется, а второе нет, т.е. $H_{12}(k) > 0$, возникает эффект проникновения полезного сигнала $s_1(k)$ на опорный вход 2 АПП. Этот проникающий на опорный вход полезный сигнал $s_1(k)$ можно рассматривать как дополнительную нестационарную помеху, которая адаптивным фильтром не подавляется, т.к. при настройке этого фильтра в паузе сигнала эта помеха не учитывается, ибо эта помеха в паузе отсутствует.

Очевидно, эта дополнительная помеха вычитается из выходного сигнала $\hat{s}_1(k)$ АПП, искажая и подавляя этот сигнал.

Целью работы является разработка АПП, позволяющего подавлять коррелированные с полезными сигналами нестационарные помехи, возникающие из-за проникновения (попадания) на опорный вход АПП полезных сигналов.

Поставленная цель достигается введением в известные АПП [] дополнительных адаптивных устройств, позволяющих компенсировать искажающее влияние эффекта проникновения.

В работе предлагаются два решения.

Первое решение предназначено для случая, когда коэффициент передачи $H_{12}(k)$ канала проникновения не зависит от частоты, т.е. является действительным числом.

Второе решение предназначено для случая, когда коэффициент передачи $H_{12}(k)$ канала проникновения зависит от частоты, т.е. является комплексным числом.

На рис. 2 представлена структурная схема АПП-д, реализующая первое решение.

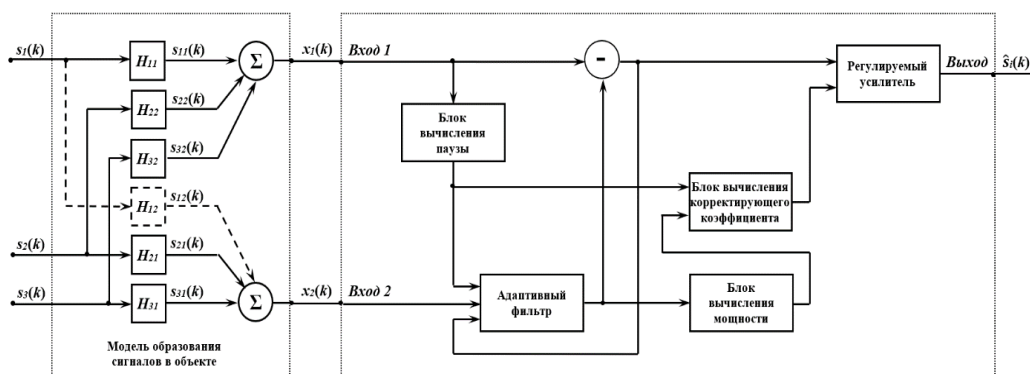


Рис. 2. Структурная схема предлагаемого АПП-д и структурная схема процесса формирования в объекте сигналов, поступающих на входы АПП-д

Помеха, обусловленная прониканием полезного сигнала $s_1(k)$ на вход 2 АПП-д, добавляется к сумме помех $s_2(k)$, $s_3(k)$, передается через адаптивный фильтр, вычитается из суммы сигналов $x_1(k)$ и уменьшает очищаемый от помех полезный сигнал, дополнительно подавляя его. Таким образом очищенный от помех сигнал $\hat{s}_1(k)$ на выходе блока вычитания будет иметь меньшую амплитуду, чем реальный полезный сигнал $s_{11}(k)$ в модели образования сигналов на рис. 2. Поэтому для компенсации этого вида искажений предлагается использовать второй каскад адаптивной обработки, включающий регулируемый усилитель, коэффициент усиления которого вычисляется блоком вычисления корректирующего коэффициента на основе информации об изменении мощности помех, определяемой блоком вычисления мощности. Выше перечисленные блоки образуют второй каскад АПП-д, который можно рассматривать как адаптивный фильтр с одним весовым коэффициентом.

Для расчета корректирующего коэффициента необходимо определить величину коэффициента передачи $H_{12}(k)$ канала проникновения, которая неизвестна. Эту величину можно определить косвенно, измеряя приращение мощности помех на выходе адаптивного фильтра при переходе от интервала паузы к интервалу сигнала т.е.

$$\frac{P_s(k)}{P_p(k)} = \frac{s_s^2(k)}{s_p^2(k)} = K_{sp}^2,$$

где $P_s(k)$, $P_p(k)$, $s_s(k)$, $s_p(k)$, K_{sp} мощности сигналов помех и собственно сигналы помех в интервалах сигнальном и пауз соответственно, K_{sp} – коэффициент проникновения полезного

сигнала $s_1(k)$ на опорный вход 2 АПП-д. Учитывая, что модель образования сигнала пассивная, имеем $0 \leq K_{sp} \leq 1$. Тогда коэффициент передачи можно вычислить так

$$H_{12}(k) = \sqrt{K_{sp}^2} - 1.$$

Действительно, на сигнальном интервале весовые коэффициенты адаптивного фильтра зафиксированы и его можно рассматривать как линейное звено. Следовательно, искаженный сигнал $\hat{s}_1(k)$ на выходе блока вычитания, если положить $H_{11}(k) \approx 1$, можно оценить таким образом

$$\hat{s}_1(k) = s_{11}(k) - s_{11}(k) \times H_{12}(k) = s_{11}(k) \times (1 - H_{12}(k)).$$

Откуда следует

$$s_{11}(k) = \frac{\hat{s}_1(k)}{(1 - H_{12}(k))},$$

т.е. корректирующий коэффициент K_{cor} для регулируемого усилителя равен

$$K_{cor} = \frac{1}{(1 - H_{12}(k))}.$$

Умножением полезного сигнала на корректирующий коэффициент K_{cor} с помощью регулируемого усилителя производится компенсация искажения (подавления) из-за эффекта проникновения, другими словами, подавление нестационарных коррелированных помех.

На рис. 2 представлена структурная схема АПП-к, реализующая второе предложенное решение, если коэффициент передачи $H_{12}(k)$ канала проникновения зависит от частоты, т.е. является комплексным числом. В этом случае предлагается использовать принцип компенсации проникновения сигнала на опорный вход 2 АПП-к. Для этой цели используются корректирующий адаптивный фильтр, блок управления и блок вычитания.

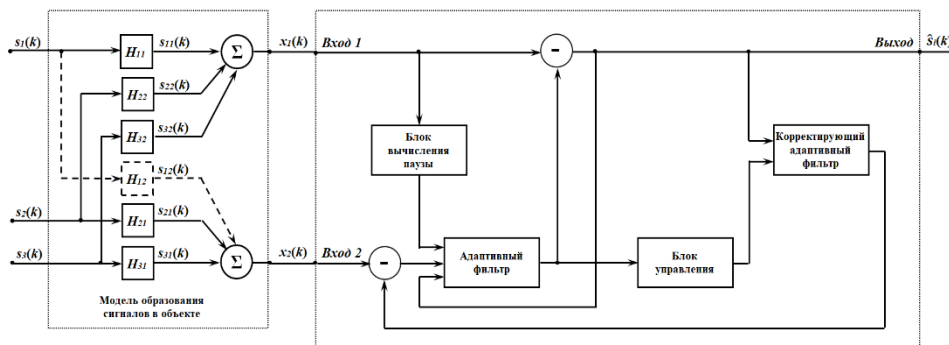


Рис. 3. Структурная схема предлагаемого АПП-к и структурная схема процесса формирования в объекте сигналов, поступающих на входы АПП-к

Блок управления измеряет приращение мощности помех на выходе адаптивного фильтра при переходе от интервала паузы к интервалу сигнала и вычисляет такие весовые коэффициенты корректирующего адаптивного фильтра, чтобы сигнал на выходе этого фильтра при вычитании из сигнала $x_2(k)$ на опорном входе 2 приводил это приращение мощности к минимуму (в идеальном случае к нулю).

Таким образом, применение корректирующего адаптивного фильтра в цепи обратной связи позволяет компенсировать возникающее на сигнальном интервале проникновение полезного сигнала на опорный вход 2 АПП-к.

Предложенное решение позволяет осуществлять подавление сигнальных помех для коэффициентов проникновения разных для различных частот.

На рис. 4 приведены результаты компьютерного моделирования адаптивного подавителя АПП-д.

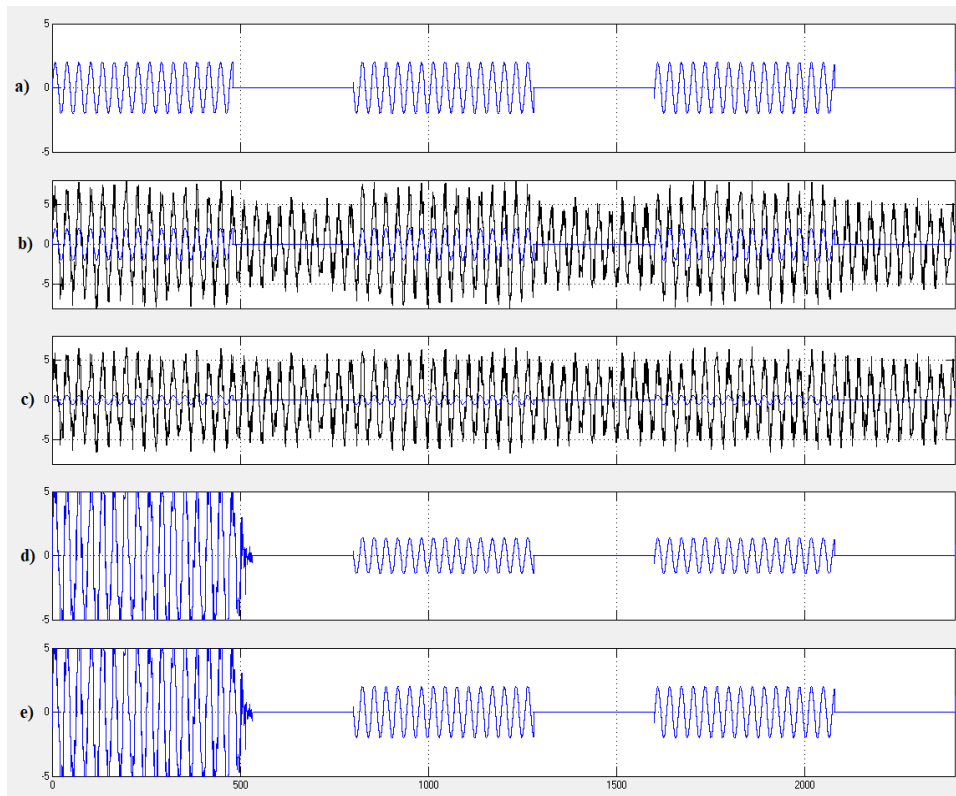


Рис. 4. Результаты компьютерного моделирования адаптивного подавителя АПП-д

На рис. 4 изображены:

- а) полезный сигнал $s_{11}(k)$;
- б) аддитивная смесь полезного сигнала и помех на сигнальном входе 1 АПП-д;
- в) аддитивная смесь помех на опорном входе 2 АПП-д для варианта проникновения $H_{12}(k) = 0,3$;
- д) результаты адаптивного подавления помех без устранения эффекта проникновения полезного сигнала на опорный вход 2 АПП-д, приведенная ошибка при сравнении с исходным полезным сигналом составляет $\delta \approx 30\%$;
- е) результаты адаптивного подавления помех с устранением эффекта проникновения полезного сигнала на опорный вход 2 АПП-д с применением корректирующего коэффициента K_{cor} ;

$$K_{cor} = \frac{1}{(1 - H_{12}(k))} = \frac{1}{(1 - 0,3)} = \frac{1}{0,7} \approx 1,43.$$

Приведенная ошибка составляет $\delta \approx 6\%$.

Результаты компьютерного моделирования адаптивного подавителя АПП-д подтверждают достоверность и обоснованность предложенных в работе решений.

Результаты работы могут найти применение при решении задач диагностики и мониторинга сложных объектов транспортной инфраструктуры.

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., Ромкин М.В. Адаптивный компенсатор помех в прерывистых сигналах. Патент на полезную модель RU №148878 от 20.12.2014. Опубл. БИ №35, 2014.

6. Засов В.А., Тарабардин М.А., Никоноров Е.Н. Адаптивный эквалайзер. Патент на полезную модель RU №104403 от 10.05.2011. Опубл. БИ №13, 2011.

7. Zasov, V. Adaptive Cancellation of Interference in Intermittent and Pulse Signals / V. Zasov, M. Romkin// Data Science. Information Technology and Nanotechnology. Proc. of the Int. Conf. ITNT-2021, IEEEExplore, 2021. DOI: 10.1109/ITNT52450.2021.9649169.

УДК 004.942; 681.5.015; 303.094.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВА СОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ МНОГОМЕРНЫХ ПО ВХОДУ ДРОБНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОМЕХАМИ ВО ВХОДНЫХ И В ВЫХОДНОМ СИГНАЛАХ

Иванов Д.В., Иванова О.С., Бурцева Е.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В настоящей статье проведено исследование свойств состоятельности параметров многомерных по входу дробных динамических систем с помехами во входных и в выходном сигналах. Расчёты проведены посредством пакета прикладных программ Matlab. Результатом работы скрипт-программы являются полученные графики зависимости средних значений относительных погрешностей с учетом среднеквадратического отклонения от числа наблюдений.

Ключевые слова: динамическая система дробного порядка, дробный порядок, исследование погрешности, соотношение шум/сигнал, программный код, состоятельность оценок.

INVESTIGATION OF THE CONSISTENCY PROPERTIES OF PARAMETERS OF MULTIDIMENSIONAL INPUT FRACTIONAL DYNAMIC SYSTEMS WITH INTERFERENCE IN THE INPUT AND OUTPUT SIGNALS

Ivanov D.V., Ivanova O.S., Burtseva E.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. In this article, a study of the properties of the consistency of parameters of multidimensional input fractional dynamic systems with interference in the input and output signals is carried out. The calculations were carried out using the Matlab application software package. The result of the script program is the obtained graphs of the dependence of the average values of relative errors, taking into account the standard deviation from the number of observations.

Keywords: dynamic system of fractional order, fractional order, error study, noise/signal ratio, program code, consistency of estimates.

В настоящее время одной из основных задач ТАУ является параметрическая идентификация динамических систем, которая сводится к детерминированию структуры и определению параметров системы на основании данных, полученных в ходе экспериментов.

Огромное количество алгоритмов идентификации, разнообразие критериев и настраиваемых моделей – всё это представляет современную теорию идентификации.

Известно, что процесс идентификации целочисленных моделей несколько проще, нежели моделей дробного порядка. Наличие цветового шума также осложняет процесс идентификации. Вышеобъявленные факторы в значительной степени затрудняют выбор инструментальных переменных, всему виной большая память моделей дробного порядка. Исходя из вышеизложенного идентификация параметров динамических систем дробного порядка с помехами является актуальной задачей. В настоящей работе предложен алгоритм идентификации систем дробного порядка при наличии дробного шума.

При исследовании на сходимость, и оценивания состоятельности получаемых результатов, дробная динамическая система с помехами во входных и в выходном сигналах представлена аналитическим уравнением вида:

$$z_i = 0,25\Delta^{0.8}z_{i-1} - 0,3\Delta^{1.6}z_{i-1} + \Delta^{0.3}x_i^{(1)} - 0,35\Delta^{0.2}x_i^{(1)} + \\ + 0,45\Delta^{0.55}x_i^{(2)} - 0,45\Delta^{1.1}x_i^{(2)} + 0,35\Delta^{0.2}x_i^{(3)} - 0,45\Delta^{1.6}x_i^{(3)}, \\ y_i = z_i + \xi_i, w_i^{(j)} = x_i^{(j)} + \xi_i^{(j)},$$

Оценивание параметров модели с помехами проводилось по полученному в работах [1–3] критерию минимизации.

Для модели были выбраны: количество наблюдений в 10000 экспериментов; число входов $d = 3$, с порядком $r = r_1^{(1)} = r_1^{(2)} = r_1^{(3)} = 2.$, входные сигналы которой, описывались уравнением вида:

$$x_i^{(j)} - 0.5 \cdot x_{i-3}^{(j)} = \tau_i^{(j)} - 0.2 \cdot \tau_{i-1}^{(j)} - 0.75 \cdot \tau_{i-2}^{(j)} + \tau_{i-4}^{(j)},$$

где $\tau_i^{(j)}$ – белый шум.

Фрагмент скрипт-программы для проведения расчетов разработана на платформе Matlab, на базе высокоуровневого интерпретируемого языка программирования Script (m-file). Окно Matlab «Фрагмент скрипт-программы расчетов» представлен на рис. 1.

```

59 - X(1)=x(i+2);
60 - for m=1:r_out
61 -     Az(m,i)=c(m,1:i)*Z(1:i)';
62 - end
63 - z(i+1)=b_system(1:r_out)*Az(:,i)+a_system(1:r)*Ax(:,i);
64 - Z(2:i+1)=Z(1:i);
65 - Z(1)=z(i);
66 - end
67 -
68 - specout=garchset('C',0,'AR',[0.0 -0.0],'MA',[0.0 0.0],'K',1,'GARCH',0.7,'ARCH',0.
69 - var_z=var(z);
70 - sigmaout=noisesigl*sqrt(var_z);
71 - [eo,sigmao,eout1]=garchsim(specout,N+1);
72 - meansigmaout=mean(sigmao);
73 - eout=(sigmaout/meansigmaout)*eout1';
74 -
75 -
76 - y=z+eout;
77 - specin=garchset('C',0,'AR',[0.0 -0.0],'MA',[0.0 0.0],'K',1,'GARCH',0.7,'ARCH',0.2

```

Рис. 1. Окно Matlab «Фрагмент скрипт-программы расчетов»

Результатом работы скрипт-программы являются графики зависимости средних значений относительных погрешностей $\Delta\theta$ с учетом среднеквадратического отклонения от числа наблюдений, изображенные на рисунке 2.

Исходная связь отношения дисперсии шума к дисперсии полезного сигнала задана как:

$$\sigma_{\xi} / \sigma_z = 0.50, \quad \sigma_{\xi}^{(j)} / \sigma_x^{(j)} = 0.50.$$

Исходя из полученных результатов моделирования, можно утверждать, что предложенный алгоритм оценивания параметров многомерных по входу дробных динамических систем с помехами во входных и в выходном сигналах, показал достаточно высокую эффективность сходимости и подтверждает свойство состоятельности оценок.

Дальнейшей работой является разработка скрипт-программы, позволяющей исследование сходимости на основе критерия параметрической идентификации дискретных динамических систем с распределенными параметрами [4–7].

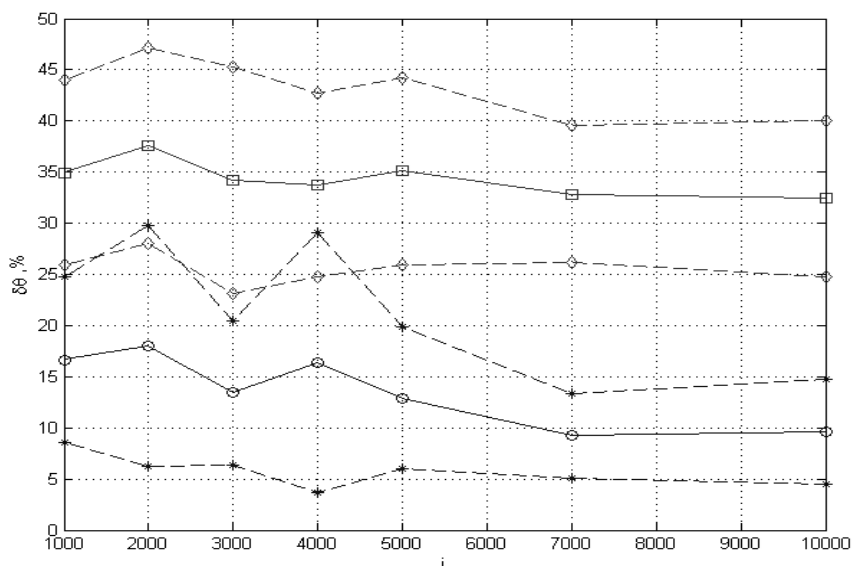


Рис. 2. Результат моделирования

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ivanov D.V., Ivanov A.V. Identification fractional linear dynamic systems with fractional errors-in-variables // Journal of Physics: Conference Series (см. в книгах). 2017. Т. 803. № 1. С. 012058.
2. Ivanov D.V. Identification discrete fractional order linear dynamic systems with errors-in-variables // В сборнике: Proceedings of IEEE East-West Design and Test Symposium, EWDTS 2013. 2013. С. 6673122.
3. Ivanov D. V., Sandler I. L., Chertykovtseva N. V., Bobkova E. U. Learning Algorithm for Fractional Dynamical Systems with Autocorrelated Errors-in-Variables // Procedia Computer Science : 9th, Nanning, 11–13 января 2019 года. – Nanning, 2019. – P. 311-318. – DOI 10.1016/j.procs.2019.06.045. – EDN IVTZPF.
4. Кацюба О.А., Иванов Д.В., Сандлер И.Л., Маслов Е.С. Идентификация распределенных систем при наличии помех наблюдения в выходном сигнале. // Вестник транспорта Поволжья. 2017. № 6 (66). С. 103-110.
5. Сандлер, И. Л. Параметрическая идентификация дискретных динамических систем с распределенными параметрами при наличии помех наблюдения во входных сигналах / И. Л. Сандлер, Е. С. Маслов // Вестник транспорта Поволжья. – 2018. – № 6(72). – С. 100-107. – EDN POPEBZ.
6. Кацюба О. А., Иванов Д. В., Сандлер И. Л., Маслов Е. С. Идентификация распределенных систем при наличии помех наблюдения в выходном сигнале // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. – № 6(66). – С. 103-110. – EDN YTUVKW.
7. Маслов, Е. С. Критерий идентификации параметров дискретных динамических систем с распределенными параметрами при наличии помех наблюдений в выходных сигналах / Е. С. Маслов, И. Л. Сандлер // Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем, Пенза, 28–31 мая 2018 года / под ред. д.ф.-м.н., проф. И. В. Бойкова.. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2018. – С. 241-244. – EDN UTQIXW.

УДК 656.34

ОБОРУДОВАНИЕ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ АВИАДИСПЕТЧЕРА

Иванов В.М., Прачик В.П.

Ульяновск, Ульяновский институт гражданской авиации

Аннотация. В статье рассматриваются виды оборудования на месте работы авиадиспетчера, их страны производители, лидирующие компании по их производству. Сравнение технических характеристик главного оборудования требованиям ИКАО. Влияние на здоровье работника.

Ключевые слова: авиадиспетчер, оборудование, нормы, здоровье.

EQUIPMENT AT AIR TRAFFIC CONTROLLER'S WORKPLACE

Ivanov V.M., Prachik V.P.

Ulyanovsk. Ulyanovsk Institute of civil aviation

Abstract. The article deals with the types of equipment at the air traffic controller's workplace, their producers' countries and the leading companies for their production. Comparison of the technical characteristics of the main equipment with ICAO requirements. Influence on the health of the employee.

Keywords: air traffic controller, equipment, standards, health.

Оборудование

1. Пульт авиадиспетчера. Пульт обеспечивает размещение средств управления радио и проводной связи, аппаратуры комплексов и средств отображения, а также другого оборудования, используемого для выполнения должностных обязанностей специалистов и технологических операций. Большую часть пультов авиадиспетчера производит Российская фирма Nita, штаб которой расположен в Российском городе Санкт-Петербург. Эта компания поставляет пультовое оборудования уже 15 лет [1].

2. Средства отображения воздушной обстановки и контроля за наземным движением (индикаторы: ОРЛ, ВРЛ, ПРЛ, РЛС ОЛП). Наземные РЛС (радиолокаторы) применяют для контроля за полетами летательных аппаратов, воздушных судов и ОВД на трассах, а также в зонах аэропортов, при выполнении предпосадочного маневра и посадки. Более того, они используются и для навигации – по запросу экипажей диспетчера службы движения сообщают данные о месте летательных аппаратов, воздушной обстановке в районе полетов. Страна-производитель – Россия. Главные компании-производители: Rolos, Lenines, Kotlin-Novator, Viniira ATC [1].

3. Автоматический радиопеленгатор. Средство управления воздушным судном. С ее помощью диспетчер на земле может определить в каком направлении от него находится ВС. Производится в России. Ведущие компании-производители: Viniira ATC и Azimut [1].

4. Дистанционные органы управления радиостанциями ВЧ, ОВЧ диапазона. Радиостанции ОВЧ и ВЧ диапазонов относятся к основным средствам электросвязи в авиации, и используются для организации сетей фиксированной и подвижной авиационной электросвязи и авиационного радиовещания. Страна-производитель – Россия. Главные компании производители: Argut, Santel и «Союз-СВ» [1].

5. Аппаратура телефонной связи. Необходимы для обеспечения связи между центрами ОВД и передачи метеорологической информации и информации о полётах. Производится в России. Главные компании, производящие это оборудование: Commenge, Emilink [1].

6. Пульт управления огнями ВПП, РД, перрона. Предназначен для дистанционного управления светосигнальным оборудованием аэродрома, для обеспечения навигации движения воздушных судов по земле. Страна-производитель – Россия. Лидирующая компания-производитель: «Авиасветотехника» [1].

7. Часы цифровые электронные. Страна-производитель – Россия. Компания, производящая наибольшее количество часов для авиации: Itline [1].

8. Аппаратура сигнализации занятости ВПП. Обеспечивает передачу информации о занятости ВПП от диспетчера СДП диспетчерам ВСДП, ИДП, ДПК, и РИА. Страна-производитель – Россия. Лидирующая компания-производитель: Raduga [1].

9. Средства отображения метеоинформации. Предназначены для информирования авиадиспетчера о метеорологической обстановке в зоне, контролируемой им. Страна-производитель – Россия. Лидером в этой области является компания Vector [1].

10. Автоматическая звуковая и световая сигнализация исправности посадочных систем (РМС, ССО, ОСП). Предназначена для предоставления информации авиадиспетчеру о исправности светосигнальной системы посадки. Производится в России. Лидирующая компания-производитель: «Авиасветотехника» [1].

11. Магнитофон для записи переговоров. Производится в России. Лидирующая компания-производитель: Octava [1].



Рис. 1. Рабочее место авиадиспетчера

Таблица 1

Соответствие технических характеристик оборудования требованиям ИКАО

Оборудование	Технические характеристики		Несоответствие требованиям ИКАО
	Россия [2, 3]	По ИКАО [4]	
<i>Индикаторы: ОРЛ, ВРЛ, ПРЛ, РЛС ОЛП</i>	1. Обновление информации не реже 6 секунд 2. Дальность действия: 8000 м	1. Обновление информации должно быть не реже 4 секунд 2. Дальность действия: 12000 м	1. Не закреплены понятия и определения в сфере дистанционного управления ВС; 2. Отсутствуют положения, регулирующие вопросы слежения за воздушными судами; 3. Отсутствуют положения о радиочастотном диапазоне глиссидного и курсового радиомаяков; подробные технические характеристики запросчиков, трассовых маркерных ОВЧ радиомаяков, спутниковой системы функционального дополнения.
<i>Автоматический радиопеленгатор</i>	1. Глубина модуляции: ≤ 80 %; 2. Диапазон частот: 110 – 140 МГц	1. Глубина модуляции: 95 %; 2. Диапазон частот: 100–150 МГц	4. Различаются цели расследования авиационного происшествия или инцидента. По законодательству РФ цель такого расследования шире, чем в стандарте ИКАО
<i>Дистанционные органы управления радиостанциями ВЧ, ОВЧ диапазона</i>	1. Диапазон частот: 30–300 МГц	1. Диапазон частот: 118–137 МГц	

Перспективное оборудование: в данный момент ведется активная разработка оборудования соответствующего критериям (ILS/GBAS) работающих в полосе 118–137 МГц. Данное оборудование необходимо для увеличения безопасности полетов. Также, новое оборудование будет причинять меньший вред как для окружающей среды, так и для авиадиспетчера, работающего с ним.

Влияние на здоровье. Длительное воздействие электро-магнитных полей и электро-магнитных излучений, образованных в результате работы оборудования на месте авиадиспетчера вызывает у сотрудников обратимые и необратимые изменения в организме: гипертония, брадикардия, катаракта, ломкость ногтей. А также головные боли, повышенная утомляемость, ухудшение зрения и нарушение сна.

В свою очередь радиоволны и СВЧ-излучения способны вызвать: общее недомогание, жажду, головокружение, тошноту.

Документы, регулирующие воздействие негативных факторов на месте работы [5]:

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

2. ГОСТ 12.1.006-84 «Система стандартов безопасности труда. Эл-м поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

Таким образом, оборудование на месте работы авиадиспетчера непосредственно влияет на его здоровье, но благодаря защите от вредных факторов и их регулированию, факторы рабочей среды соответствуют СанПиНу и ГОСТу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компании-производители. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://производитель.рф> (Дата обращения: 22.10.2022).

2. Характеристика оборудования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://dream-air.ru/tpl/docs/an10_v1_cons_ru.pdf (Дата обращения: 22.10.2022).

3. Радиолокационные комплексы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vniiraovd.com/index.php/ru/produktsiya/> (Дата обращения: 23.10.2022).

4. ИКАО. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://eec.eaeunion.org/upload/directions_files/e83/e838c834fb339b27e3d0b0dc7c4d37d0.pdf (Дата обращения: 23.10.2022).

5. Санитарные нормы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/249196/ (Дата обращения: 23.10.2022).

УДК 004.78

ТЕХНОЛОГИЯ «ЦИФРОВОЙ ПРИЕМОДАТЧИК»

Куляпин Д.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Данная статья посвящена описанию технологии «Цифровой приемосдатчик», подробное описание работы данной технологии, приведены ее преимущества и недостатки.

Ключевые слова: Цифровой приемосдатчик, технология, оптимизация, грузовые операции, видеофиксация, планирование, груженные и порожние вагоны, осмотр.

TECHNOLOGY "DIGITAL GAUGER"

Kulyapin D.V.

Samara, Samara State University of Railway Transport

Abstract. This article is devoted to the description of the "Digital Transceiver" technology, a detailed description of the operation of this technology, its advantages and disadvantages are given.

Keywords: Digital gauger, technology, optimization, cargo operations, video recording, planning, loaded and empty wagons, inspection.

Введение. Современные реалии диктуют необходимость цифровой трансформации всех процессов и клиентских сервисов. Ориентацию на оптимизацию проводимых операций, снижения операционных затрат и экономию трудовых ресурсов. Реализация технологии приема порожних и груженных вагонов к перевозке в цифровом формате «Цифровой приемосдатчик» направлен на решение вышестоящих задач и ориентирована на повышение уровня удовлетворенности клиентов качеством предоставляемых услуг ОАО «РЖД» и лояльности к перевозкам железнодорожным транспортом.

Описание технологии «Цифровой приемосдатчик». Технология «Цифровой приемосдатчик» предусматривает дистанционный прием груженных и порожних вагонов к перевозке в фото и видео формате посредством электронного обмена данными с клиентом [1].

В первую очередь данная технология нацелена на удовлетворение потребностей в оптимизации процесса приема вагонов к перевозке представителей малого и среднего бизнеса, осуществляющих свою деятельность на станциях дороги, не имеющих приемосдатчика груза.

Данная технология позволяет обеспечить осмотр вагонов в коммерческом отношении и сократить время с момента завершения грузовой операции до приема груза к перевозке более, чем в 7 раз!

Реализация данной технологии приема вагонов к перевозке в цифровом формате для клиента позволит:

- сократить время на ожидание прибытия приемосдатчика к месту приема вагона к перевозке;
- сократить оборот вагонов;
- реализовать бесконтактный метод работы с исключением посещения Клиентом железнодорожной станции.

Технология подходит грузоотправителям, осуществляющим погрузку грузов (кроме опасных), погруженных в вагоны крытого типа, опломбированных ЗПУ или с наложением закруток установленного типа (крытые вагоны, зерновозы, цементовозы, минераловозы, хопперы), насыпных и навалочных грузов, погруженных в вагоны открытого типа (хопперы-дозаторы, полувагоны, думпкары, платформы без съемного оборудования), а также предъявителям порожних вагонов открытого типа и порожних вагонов крытого типа, в том числе порожних цистерн.

Подключение к сервису осуществляется при заключении соглашения об электронном обмене данными при приеме грузеных и порожних вагонов в видео- и фото- формате.

Схема работы технологии «Цифровой приемосдатчик». Грузоотправитель производит видеофиксацию вагона на мобильный телефон с расстояния, обеспечивающего вид вагона в целом с голосовым сопровождением номера вагона, типа и номеров ЗПУ, фиксирует детали и элементы вагона, правильность наложения и исправность ЗПУ, знаков, трафаретов с физическим приближением камеры для их четкого изображения, а также отсутствие просыпания и течи груза, уплотнения щелей, качества заделки конструктивных зазоров и очистки остатков груза с наружной поверхности вагона и колесных пар. Грузоотправитель оформляет уведомление о завершении грузовой операции формы ГУ-2Б в мобильном приложении личного кабинета и направляет посредством телеграмм отснятый видеофайл цифровому приемосдатчику [2].

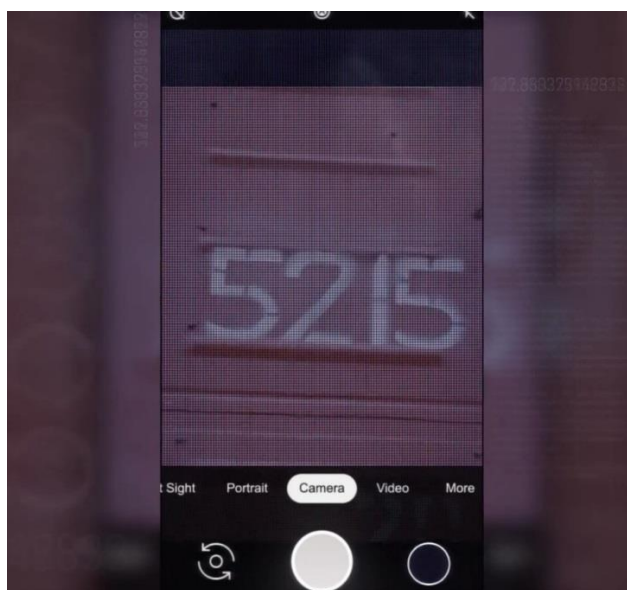


Рис. 1. Пример видеофиксации вагона на мобильный телефон

Преимущества оформления вагонов по технологии ГУ-2Б:

- гарантированный прием груза к перевозке (распределение процессов между сбытовым и производственным блоками);
- повышение эффективности взаимодействия между грузоотправителем и перевозчиком;
- своевременное оформление перевозочного документа;
- доступность передачи уведомлений клиентом из АС ЭТРАН или Личного кабинета Клиента ОАО «РЖД».



Рис. 2. Оформление вагонов по технологии ГУ-2Б

Работник ОАО «РЖД» осуществляет визуальный осмотр вагонов в коммерческом отношении посредством просмотра видеосъемки предъявляемого к перевозке вагона с сохранением видеофайла в системе хранения данных и при отсутствии замечаний осуществляет операцию прием приемосдатчика, после чего происходит автоматическое оформление вагонов к перевозке. Вся информация о вагоне и его передвижении отражается в информационных системах ОАО «РЖД» и передается в ЦУП, который осуществляет планирование работы по уборке, формированию состава и отправлению со станции.

Технология распространяется на процессы, осуществляемые на станциях отправления с предъявляемыми к перевозке вагонами при условии заключенного с клиентом соглашения об оказании информационных услуг и предоставлении электронных сервисов в сфере грузовых перевозок и применимо на первоначальном этапе к станциям, где осуществляется прием к перевозке грузов в железнодорожном подвижном составе крытого типа (крытые вагоны, зерновозы, цементовозы, минераловозы), опломбированном ЗПУ или с наложением закруток установленного типа в вагонах открытого типа при перевозках грузов насыпью и навалом, а также порожних вагонов.

Заключение. Данная технология обладает многими преимуществами, однако не лишена недостатков.

Преимущества:

- сокращение времени на ожидание прибытия приемосдатчика к месту приема вагона к перевозке;
- выведение сотрудников ОАО «РЖД» из зоны риска при нахождении на железнодорожных путях;
- наличие доказательной базы при претензионной работе;
- бесконтактный метод работы;
- сокращение оборота вагонов;
- снижение трудоемкости работников и экономия фонда заработной платы;
- получение скидок за пользование подвижным составом при ускорении оборота вагонов;
- снижение штрафных санкций со стороны оператора подвижного состава за сверхнормативный простой вагонов;
- работа по технологии «Цифровой приемосдатчик» не требует капитальных вложений;

- получение дополнительного дохода от операторов подвижного состава за счет предоставления видеоматериалов по запросу;
 - исключение необходимости посещения Клиентом железнодорожной станции;
- Недостатки:
- Оказание полного спектра приемосдаточных операций по технологии «Цифровой приемосдатчик» возможно только после пересмотра действующих нормативных документов;
 - Отсутствие возможности удаленного приема к перевозке всего перечня грузов, перевозимого железнодорожным транспортом;
 - Наличие у Клиента аппаратуры для видеофиксации или возможные затраты, связанные с приобретением оборудования;
 - Вероятность возникновения нештатных ситуаций (выход из строя оборудования, отключение электроэнергии, вирусные атаки и пр.);
 - Возможные риски несвоевременного отправления вагонов со станции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия цифровой трансформации ОАО «РЖД» до 2025 г. / утв. Советом директоров ОАО «РЖД» 19.10.2019 [Электронный ресурс]. URL: <http://consultant.ru>.
2. Технология приема порожних и груженых вагонов к перевозке в цифровом формате «Цифровой приемосдатчик» [Электронный ресурс]. URL: <https://ppt-online.org/958073>.

УДК 681.324

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

Никищенков С. А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Рассмотрены вопросы организации систем автоматизированного диагностирования транспортных многооперационных процессов с использованием архитектурных решений в области параллельных компьютеров. Представлен параллелизм в функционировании железнодорожного транспорта. Приведены метод диагностирования процессов на основе операторных схем и структура системы диагностирования. Рассмотрены варианты диагностических процессоров. Показаны преимущества асинхронных методов диагностирования. Представлен метод диагностики конкуренций многооперационных процессов. Приведены сведения об использовании программных роботов для контроля процессов.

Ключевые слова: процесс, параллелизм, дефект, диагностика, архитектура.

ORGANIZATION OF DIAGNOSING SYSTEMS FOR TRANSPORT MULTI-OPERATIONAL PROCESSES USING ARCHITECTURAL SOLUTIONS FOR PARALLEL COMPUTERS

Nikishchenkov S.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The issues of organization of systems for automated diagnostics of transport multi-operational processes with the use of architectural solutions in the field of parallel computers are considered. Parallelism in the functioning of railway transport is presented. A method for diagnosing processes based on operator schemes and the structure of the diagnosing system are given. Variants of diagnostic processors are considered. The advantages of asynchronous diagnostic methods are shown. A method for diagnosing competitions in multi-operational processes is presented. Provides information about the use of software robots for process control.

Keywords: process, parallelism, defect, diagnostics, architecture.

Характерными свойствами многооперационных транспортных процессов (МТП) является регламентность, нормируемость, регулярность, многоаспектность, многообразие ситуаций и событий, высокая сложность и повышенные требования безопасности. Развитие существующих и разработка новых АСУ ТП на железнодорожном транспорте предполагает повышения эффективности управления на основе цифровых технологий и в совершенствовании систем контроля и диагностики процессов с целью предотвращения возможных потерь ресурсов и экономических убытков [1, 2].

Параллелизм МТП определен множественным характером грузов, перевозок, транспортных средств, объектов инфраструктуры, их распределенностью в пространстве и времени [3,4]. На железнодорожном транспорте широко используются различные стандартизированные описания параллельных процессов, в т.ч. графики движения поездов, графики работы станций и грузовых фронтов, сетевые графики ремонтных работ и другие. Параллельные МТП в явном виде присутствуют в ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и АСУСТ. Внутренний параллелизм транспортных технологий и процессов используется с целью повышения производительности и надежности, аналогично параллельным компьютерам.

К проблемам диагностирования МТП 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) с учетом передовых цифровых технологий.

Концепция и методология проектирования и организации АСД на основе операторных схем МТП представлена в [3]. В результате НИОКР, которые ведутся в этом направлении в университете с 2000 г., разработана теоретико–множественная операционно–событийная многоаспектная метамодель; предложены классы и виды операторных схем; сформирован комплекс диагностических моделей. Модели МТП в виде операторных схем позволяют эффективно решать задачи диагностики за счет адекватности при интерпретации реальных процессов и простоты формирования контролирующих соотношений как основы диагностического обеспечения АСД.

Структурно-функциональная организация АСД (рис. 1) включает этапы: подготовка к диагностированию путем разработки диагностического обеспечения; обеспечение контролепригодности АСУ ТП; в рабочем режиме передача и прием цифровых данных о процессах; обработка диагностической информации, обнаружение и идентификация дефектов; анализ дефектов и выполнение соответствующих организационно-технических мероприятий.

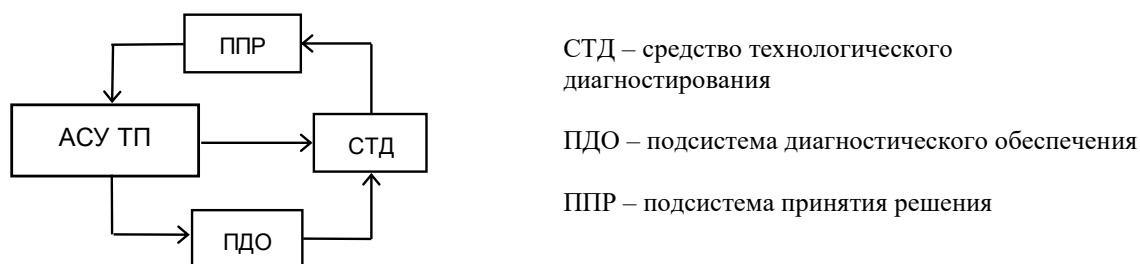


Рис. 1. Классическая структура АСД ТП

В АСД реализуются основные положения технологической диагностики: оперативный контроль, обнаружение дефектов, анализ результатов диагностирования и принятие мер по устранению дефектов и обеспечению правильного выполнения МТП.

При организации АСД применяются следующие архитектурные решения в области параллельных компьютеров:

- интерпретация реальных МТП в виде параллельных моделей (последовательно-параллельные схемы, ресурсно-логические схемы и биологические графы, асинхронные

схемы и триггерно-временные функции, дополненная теорема Бернштейна-Рассела-Нариньяни);

- способы параллельной (синхронной, асинхронной, комбинированной) передачи диагностической информации от объекта;
- методы параллельной обработки диагностических данных (векторный, матричный, конвейерный);
- типовые структуры диагностических процессоров (диагностический процессор, цифровые однородные среды) с программной и/или аппаратной реализацией.

На уровне полигонов и районов управления железных дорог процессы являются последовательно-параллельными: последовательными на участках движения и параллельными на станциях. При этом формальными моделями процессов выступают параллельные граф-схемы алгоритмов [3].

При диагностической интерпретации МТП на грузовых и сортировочных станциях целесообразно использовать ярусно-параллельные и конвейерные схемы [4]. Известные методики статического распараллеливания МТП позволяют преобразовать их к контролепригодному виду, поскольку диагностика упрощается за счет сведения процедур контроля к проверке последовательности ярусов технологических операций и проверке выполнения всех операций в ярусе.

Для эффективного решения задач диагностики реконфигурируемых МТП применяются методы, основанные на их ресурсно-логических схемах, биологических (с двумя типами логик) графах и спусковых функций операций. Они представляют собой перспективное направление в диагностике процессов на основе асинхронных методов, развиваемое в том числе на основе триггерно-временных функций операций [5].

Дополненная теорема Бернштейна-Рассела-Нариньяни об условиях параллельного выполнения технологических операций МТП применялась для диагностики конкуренций и их устранения на путем верификации и корректировки технологии [6].

Организация АСД опирается на современное состояние корпоративных АСУ (АСОУП, АСУСТ, ЭТРАН и др.). Необходимым является оперативный доступ, сбор и передача данных о процессе с учетом в пригодном для дальнейшей обработке формате (сообщения, записи, сигналы и т.п.). Перспективным с точки зрения обеспечения оперативности диагностирования является использование первичных источников – устройств автоматики и телемеханики, сети передачи данных, геоинформационных систем, а с учетом внедрения сквозных цифровых технологий – средств промышленного интернета.

Векторный, матричный и конвейерный методы параллельной обработки информации, распространенные в параллельных вычислительных системах, находят применение в АСД ТП и обладают высокой эффективностью при обработке массивов диагностической данных [3]. Поскольку транспортные МТП являются более медленными по сравнению с вычислительными процессами, то реализация средств обработки возможна путем применения обычных персональных компьютеров и соответствующих программ. Вместе с тем актуальной остается задача обеспечения оперативности обнаружения дефекта, т.е. минимизации времени с момента его появления в объекте до момента фиксации в СТД. На рис. 2 приведена структура векторного СТД с параллельным приемом диагностических данных, обеспечивающая оперативность диагностики МТП.

Диагностика конвейерных процессов рассмотрена в [7]. Алгоритмы диагностирования МТП по методу триггерно-временных функций, программно-аппаратные диагностические процессоры и цифровые однородные среды предложены и исследованы в [8].

Новые возможности для диагностики МТП предоставляет технология программных роботов (RPA), активно внедряемая в Куйбышевской Дирекции управления движением в соответствии с планами реализации Стратегии цифровой трансформации отрасли [9].

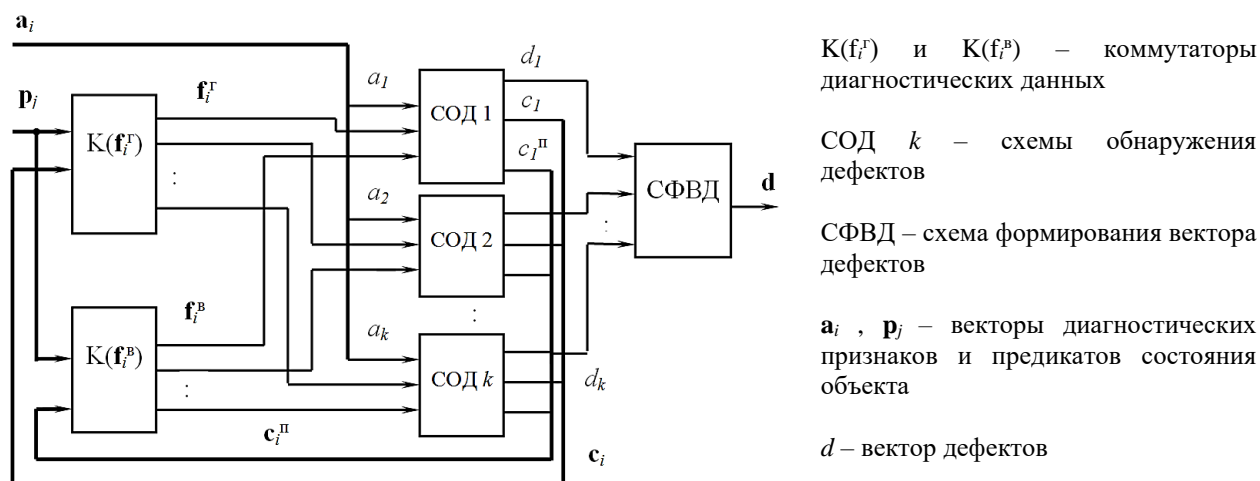


Рис. 2. Структура векторного СТД с параллельным приемом диагностических данных

Основными показателями эффективности АСД являются оперативность и полнота обнаружения дефектов, коэффициенты информационной, программной и временной избыточности и экономические показатели. При этом целевым является соотношение 20% избыточности при обнаружении не менее 80% дефектов, обеспечивающее превышение экономии от обнаружения дефектов и снижения потерь ресурсов над совокупными затратами по организации АСД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. 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.
3. Nikishchenkov S.A. Diagnostics of railway processes based on operator schemes. Saarbrucken: Palmarium Academic Publishing, 2015. - 349 с.
4. 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.
5. Никищенко С.А. Мониторинг и диагностика транспортных процессов разборки-сборки на основе триггерно-временных функций // Вестник транспорта Поволжья. 2022. № 2. - С. 77-84.
6. Andronchev I.K., Nikishchenkov S.A., Haitbaev V.A. Analysis and diagnostics of competing transport processes on the basis of the Bernstein - Russell - Narinyani theorem // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020. Vol.1116, pp. 975-984.
7. Никищенко С.А., Припутников А.П. Контроль конвейерных транспортных процессов / Наука и образование транспорту, 2021. - С. 145-147.
8. 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.
9. Гаранин А.В., Никищенко С.А. Автоматизация процесса подготовки данных для контроля нарушений межпоездных интервалов // Наука и образование транспорту, 2022. - С. 142-144

УДК 681.324

ДИАГНОСТИКА КОНКУРИРУЮЩИХ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ТЕОРЕМЫ О РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИИ ОПЕРАЦИЙ

Никищенко С.А., Халаева С.Н.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Рассмотрен подход к описанию, анализу и диагностике дефектов в конкурирующих транспортных многооперационных технологических процессах, основанный на использовании фундаментальной теоремы о распараллеливании операций. Предложено дополнение к теореме для определения конкуренций между технологическими операциями, использующими материальные ресурсы. Представлена диагностическая интерпретация теоремы, варианты конкурентных зависимостей между операциями и дефекты, возникающие при их выполнении. Показана актуальность анализа внутреннего параллелизма транспортных процессов. Приведены сведения об организации подсистем диагностирования и проблемах практического применения метода анализа и диагностики процессов.

Ключевые слова: транспортный процесс, конкуренция операций, дефекты, диагностика.

DIAGNOSTICS OF COMPETING TRANSPORT PROCESSES BASED ON THE FUNDAMENTAL THEOREM ABOUT PARALLELING OPERATIONS

Nikishchenkov S. A., Khalaeva S. N.

Samara, Samara State Transport University

Аннотация. An approach to the description, analysis and diagnostics of defects in competing transport multi-operational technological processes, based on the use of the fundamental theorem on the parallelization of operations, is considered. An addition to the theorem for determining competitions between technological operations using material resources is proposed. A diagnostic interpretation of the theorem, variants of competitive dependencies between operations, and defects that arise during their execution are presented. The relevance of the analysis of the internal parallelism of transport processes is shown. Information about the organization of diagnostic subsystems and problems of practical application of the method of analysis and diagnostics of processes is given.

Keywords: transport process, competition of operations, defects, diagnostics.

Обеспечение высокой конкурентоспособности и клиентоориентированности является важнейшим направлением стратегии развития ОАО «РЖД» [1], при этом предполагается успешное развитие и достижение преимущества перед другими видами транспорта и холдингами.

С другой стороны, огромное число параллельно выполняемых технологических процессов (ТП) на сети железных дорог, высокая концентрация ресурсов и ограничения инфраструктурного комплекса, сложность управления и требования по производительности и безопасности перевозок влекут за собой отношения конкуренции между процессами и отдельными операциями.

Настоящее исследование посвящено проблемам внутренней, технологической конкуренции, которая приводит к нежелательным последствиям в эксплуатационной работе на железнодорожном транспорте.

Примеры конкурирующих ТП известны практически в каждом хозяйстве дорог, при этом они в основном связаны с одновременным использованием элементов инфраструктуры, оборудования, инструмента, материалов, баз данных, рабочих мест и т.д.

Конкуренция операций и процессов влечет за собой конфликтную ситуацию, автоматизированное обнаружение, идентификация и предотвращение которой является актуальной задачей для обеспечения устойчивой и эффективной работы. Отсутствие мониторинга и диагностики конкурирующих процессов и операций может привести к

ошибочному результату, потерям времени и материальных ресурсов, в крайних случаях - к невыполнению перевозки грузов и пассажиров и аварийным ситуациям.

Задача анализа и диагностики конкурирующих многооперационных ТП является мало исследованной с точки зрения формальных описаний, которые необходимы для формирования контролирующих соотношений, алгоритмизации и автоматизации обнаружения конкуренций.

На основе системы менеджмента качества и теории технической диагностики [2, 3] справедливы постулаты: правильный ТП не конкурирует с другими процессами; отсутствует конкуренция между операциями в процессе; дефекты из-за конкуренции приводят к тому, что операции не выполняются или выполняются не с теми ресурсами, искажаются ресурсы, отсутствуют требуемые результаты и т.д.

Фундаментальная теорема о распараллеливании операций (ФТРО), называемая также теоремой Бернштейна-Рассела-Нариньяни, известна из работ ученых Сибирского отделения РАН [4], опубликованных в 60-х годах 20 века. Она описывает правильное независимое (параллельное, синхронное или асинхронное) выполнение операторов в схемах программ путем теоретико-множественного задания необходимых условий об отсутствии зависимостей между ресурсными входными и выходными переменными двух операторов:

$$(inA_i \cap outA_j) \cup (inA_j \cap outA_i) \cup (outA_i \cap outA_j) = \emptyset,$$

где inA_i и $outA_i$ – входные и выходные кортежи ресурсных переменных оператора A_i .

Если в параллельных ЭВМ допускается многократное копирование данных, то в ТП зависимости по ресурсам, используемым операциями, практически недопустимы, т.к. невозможно неупорядоченное использование овеществленным ресурсом разными операциями (в одном или разных процессах) [5, 6]. Для железнодорожного ТП дополненная ФТРО означает асинхронное неупорядоченное (возможно одновременное) использование ресурсов (объектов инфраструктуры, подвижного состава, технических средств и т.д.):

$$(INA_I \cap INA_J) \cup (INA_I \cap OUTA_J) \cup (INA_J \cap OUTA_I) \cup (OUTA_I \cap OUTA_J) = \emptyset$$

Диагностическая интерпретация дополненной ФТРО состоит в следующем:

- дефектом является невыполнение одного или нескольких членов выражения;
- осуществляется перебор всех возможных ситуаций, оценка последствий дефектов и их классификация.

На рис. 1 представлены возможные 16 вариантов конкуренционных дефекты в ТП. Номер примера представлен двоичным кодом соответственно значению каждого из членов дополненной ФТРО, где ноль показывает отсутствие пересечения множеств ресурсных переменных, а единица – пересечению

Ситуация 1000 соответствует случаю, когда пересекаются только входные кортежи операций, т.е. $(inA_i \cap inA_j) = 1$. Она приводит к перехвату ресурса операцией, которая начинает выполняться первой, у второй.

Ситуация 0001 имеет место, когда пересекаются только выходные кортежи ресурсных переменных операций, т.е. $(outA_i \cap outA_j) = 1$. В этом случае результат операции, которая выполняется во времени последней, подменяет результат другой операции.

Ситуации 0010 и 0100 описывают зависимость, которая требует обязательного следования одной операции за другой, поскольку результат первой является входной ресурсной переменной второй. При одновременном или преждевременном выполнении входной ресурс второй операции отсутствует.

Симметричные ситуации 0011 и 0101 описывают совмещение приведенных выше дефектов.

Ситуации 0110 и 0111 представляют совмещение дефектов «отсутствие» и «подмена» и приводят фактически к тупиковой ситуации в процессе, поскольку для обеих операций не предоставлены входные ресурсные переменные.

0 0 0 0 Нет дефектов		1 0 0 0 Перехват	
0 0 0 1 Подмена		1 0 0 1 Перехват с подменой	
0 0 1 0 Отсутствие		1 0 1 0 Перехват и отсутствие	
0 0 1 1 Подмена и отсутствие		1 0 1 1 Перехват, отсутствие и подмена	
0 1 0 0 Отсутствие		1 1 0 0 Перехват и отсутствие	
0 1 0 1 Подмена и отсутствие		1 1 0 1 Перехват, отсутствие и подмена	
0 1 1 0 Взаимное отсутствие		1 1 1 0 Перехват и взаимное отсутствие	
0 1 1 1 Подмена и взаимное отсутствие		1 1 1 1 Перехват, взаимное отсутствие и подмена	

Рис. 1. Интерпретация конкуренций операций и описание дефектов в процессах на основе дополненной ФТРО

Симметричные ситуации 1010 и 1100 описывают совмещение дефектов «перехват» и «отсутствие», что приводит к подмене входной ресурсной переменной.

Ситуации 1011 и 1101 симметричны, описывают совмещение нескольких дефектов и приводят к тупику в процессе.

Таким образом, невыполнение дополненной ФТРО приводит к неправильному выполнению транспортного процесса вследствие дефектов «перехват», «подмена» и «отсутствие» ресурсов операций.

Традиционным решением проблемы внутренней конкуренции на железных дорогах является строго последовательное выполнение операций, использование расписаний и регламентов. Вместе с тем, требования повышения производительности, заложенные в

стратегических документах холдинга, определяют необходимость распараллеливания и асинхронности процессов и операций. Одним из перспективных подходов является организация выполнения процессов по ярусно-параллельной форме [4, 5], когда технология последовательно разбивается на ярусы, внутри каждого из которых параллельно и асинхронно выполняемые операции не имеют конкуренции по ФТРО.

Для практической верификации технологий и диагностики транспортных процессов в ходе выполнения разрабатывается диагностическое обеспечение и средства диагностики (программы или сторожевой процессор) [3, 5]. Алгоритмы обнаружения конкуренций основаны на сопоставлении тегов ресурсных переменных операций в схеме процесса.

К проблемам практического применения метода диагностики конкуренций относятся отсутствие фактического учета реальных дефектов; необходимость разработки операторных схем процессов, отличающихся от принятых в рамках процессного подхода в отрасли; необходимость разработки специальных средств имитационного моделирования [5, 7].

Перспективным представляется совместное использование данного метода и диагностики процессов по триггерным функциям операций [7], а также применение при расследовании транспортных происшествий и в информационных войнах.

На теоретическом уровне весьма интересной представляется диагностическая интерпретация конкуренций в нескольких параллельных взаимодействующих процессах, например для задачи об обедающих философах, которая является классической в сфере управления параллельными процессами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОАО «Российские железные дороги». Развитие конкуренции в отрасли: [Электронный ресурс]: URL: http://annrep.rzd.ru/reports/public/ru?STRUCTURE_ID=4390. (Дата обращения 11.01.2023).
2. Функциональная стратегия управления качеством в ОАО «РЖД». Распоряжение ОАО «РЖД» от 15 января 2007 г. № 46р.
3. Основы технической диагностики: модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / В.В. Карибский, П.П. Пархоменко, Е.С. Согомоян, В.Ф. Халчев; под ред. П. П. Пархоменко. - М.: Энергия, 1976. – 464 с.
4. Вальковский В.А. Элементы параллельного программирования / В. А. Вальковский, В. Е. Котов, А. Г. Марчук, Н. Н. Миренков. – М.: Радио и связь, 1983. – 240 с.
5. Nikishchenkov S.A. Diagnostics of railway processes based on operator schemes. Saarbrucken, Palmarium Academic Publishing, 2015. – 349 p.
6. Andronchev I.K., Nikishchenkov S.A., Haitbaev V.A. Analysis and diagnostics of competing transport processes on the basis of the Bernstein - Russell - Narinyani theorem. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020. Vol.1116, pp. 975-984. DOI: 10.1007/978-3-030-37919-3_96.
7. Никищенко С.А. Мониторинг и диагностика транспортных процессов разборки-сборки на основе триггерно-временных функций // Вестник транспорта Поволжья, 2022. № 2. - С. 77-84.

УДК 004

РАДИОБЛОКИРОВКА КАК СПОСОБ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Сабанцев А.В., Хохрин А.С., Юсупов Р.Р.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применения интервального регулирования движения поездов с передачей информации по радиоканалу, приведена структурная схема поездной радиоблокировки и классификация видов сведений получения информации о местоположении поезда. Также в статье рассмотрены сложности в повсеместном применении данной системы для отечественных железных дорог. Применение более современных систем позволяет уменьшить межпоездной интервал и снизить затраты на оборудование.

Ключевые слова: интервальное регулирование, радиоблокировка, радиоканал, обмен информацией.

RADIOBLOCKING AS A METHOD OF INTERVAL REGULATION OF TRAIN TRAFFIC

Sabantsev A.V., Khokhrin A.S., Iusupov R.R.

Samara, Samara State University of Railway Transport

Abstract. The article deals with the application of interval regulation of train traffic with the transmission of information over the radio channel, provides a block diagram of train radio blocking and classification of types of information to obtain information about the location of the train. The article also discusses the difficulties in the widespread use of this system for domestic railways. The use of more modern systems makes it possible to reduce the inter-train interval and reduce equipment costs.

Keywords: interval control, radioblocking, radio channel, information exchange.

Введение. Для обеспечения безопасного движения поездов в настоящее время применяются сложные интеллектуальные системы, реализующие интервальное регулирование движения поездов [1]. По определению, системы интервального регулирования движения поездов – это комплекс программных и аппаратных средств для пространственного разделения поездов и обеспечения безопасности движения как на путях общего пользования, так и на участках скоростного движения. Данной теме уделяется особое внимание. На смену существующим и проверенным временем системам приходят новейшие разработки, которые появились не так давно, и только начинают внедряться на сети железных дорог. Одной из таких разработок является система радиоблокировки [2].

Основная часть. Под «радиоблокировкой» понимается система обмена данными, отвечающими требованиям функциональной безопасности, между стационарным устройством радиоблокировки (центром радиоблокировки) и бортовой системой безопасности (БСБ), установленной на локомотиве, с использованием цифровой системы радиосвязи в качестве среды передачи на действующих участках железной дороги и на станциях. Система поездной радиосвязи стандарта DMR-RUS создана совместно специалистами центральной станции связи ОАО «РЖД», Ижевского радиозавода и ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (НИИАС).

Основными функциями этой системы являются [2]:

- секционное управление движения поездов на основе информации о местоположении, параметрах движения и целостности поезда;
- обмен информацией через цифровые беспроводные сети между стационарными устройствами в беспроводных системах блокировки и бортовых системах безопасности;
- одновременное управление до 30 поездов в режиме полного управления;
- управление движением поездов посредством диспетчерской централизации, позволяющей передать резервное управление с автоматического рабочего места дежурного по станции;
- организация интервального движения поездов с использованием принципа подвижной блок-секции;
- контроль регистрации и снятия с регистрации поездов в зоне действия радиоблокировки;
- установка временного ограничения скорости и его снятие;
- обеспечение движения поезда в различных режимах (нормальный режим и режим ограниченной радиоблокировки);
- запись событий и действий персонала в беспроводном регистраторе системы радиоблокировки.

Система представляет собой ограниченную распределенную вычислительную сеть, которая состоит из стационарного оборудования, состоящего из беспроводного блок-центра и системы передачи данных «точка-точка» с реперными датчиками, а также из цифрового канала, который реализует транспортный уровень передачи данных между стационарными

устройствами и мобильными объектами. Помимо этого, в состав системы входят мобильные объекты – локомотивы, дрезины и т.д. оборудованные бортовыми локомотивными системами безопасности (КЛУБ, БЛОК, ДКСВ-М и т.д. [3]). На рисунке 1 изображена структурная схема работы поездной радиоблокировки.

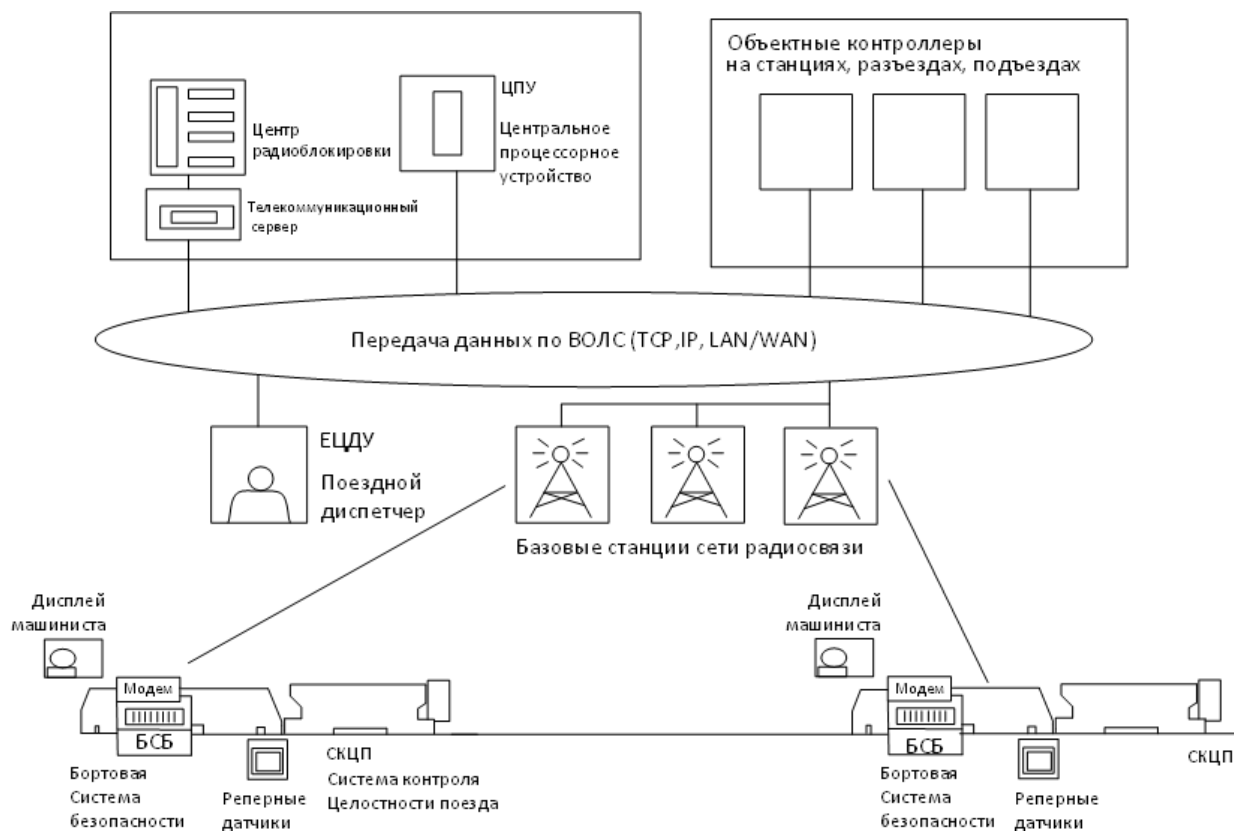


Рис. 1. Структурная схема работы поездной радиоблокировки

Работа системы осуществляется следующим образом. Определение местоположения поезда осуществляется приемами спутниковой навигации и коррекции данных точечного приемника. Отображение информации о положении поезда на бортовом устройстве в виде координат точки на пути. Пройденное расстояние рассчитывается на основе последней позиции приемопередатчика, пройденного поездом.

Важно отметить, что при определении местоположения поезда необходимо учитывать погрешность измерений, что требует расчета доверительного интервала. Этот интервал является «узким» (хотя и отличным от нуля) непосредственно за приемопередатчиком и линейно растет по мере удаления от него из-за погрешностей измерения пройденного пути. Информация о положении поезда корректируется при прохождении следующей группы приемопередатчиков. Существуют различные виды сведений получения информации о положении поезда. На рисунке 2 изображена классификация сведений в зависимости от их дальнейшего использования.

Бортовые системы поезда передают информацию в центр блокировки о местоположении поезда, доверительном интервале, скорости и направлении движения через регулярные промежутки времени. Фактическая скорость поезда определяется с помощью датчиков пути и скорости, а также спутниковой навигации. Для движения поезда с заданной скоростью определяются следующие характеристики. Допустимая скорость, которая отображается на дисплее водителя и не должна превышать определенных значений. Звуковой сигнал раздается, когда фактическая скорость достигает значения кривой предупреждения о превышении скорости.



Рис. 2. Классификация видов сведений получения информации о местоположении поезда

При превышении условной скорости служебного торможения, автоматически включается служебный тормоз поезда. Учитывая время реакции системы на эту команду, торможение происходит в пределах заданной кривой скорости. В свою очередь, аварийное торможение поезда автоматически активируется при превышении условной скорости экстренного торможения. Экстренное торможение зависит от текущей допустимой скорости. Условная скорость служебного торможения и предупредительная скорость должны рассчитываться с учетом времени реакции тормозной системы, чтобы машинист успел отреагировать на полученную команду и поезд не достиг скорости, которая приведет к срабатыванию системы экстренного торможения. Во время торможения используется дополнительная кривая предупреждения о превышении скорости, которая позволяет определить, когда нужно сообщить машинисту о необходимости снизить скорость. После автоматической активации системы торможения и полной остановки поезда машинист может подать специальную команду для продолжения движения по маршруту. При включении торможения из-за превышения скорости, тормоза могут быть отпущены после снижения скорости до безопасного значения.

Организация движения по цифровому каналу DMR заключается в передаче радиосигнала с каждого локомотива диспетчерскому аппарату. Безусловно, стоит отметить, что радиосвязь имеет определенные недостатки [4]. Широко используемые аналоговые системы поездной радиосвязи часто имеют низкое качество передачи из-за высокого уровня помех в диапазоне 2 МГц. Радиосвязь подвержена нестабильности на пересеченной местности и в туннелях, требует ретрансляторов и подвержена внешним помехам. С внедрением современных поездов с асинхронными тяговыми приводами и увеличением тока в тяговой сети ситуация с помехами в этом частотном диапазоне в будущем ухудшится. Именно поэтому данный вид интервального регулирования движения поездов нашел применение на железных дорогах ближнего зарубежья и малоприменим для всей сети отечественных железных дорог.

Заключение. Разработка и применение современных систем интервального регулирования движения поездов является важным направлением для развития железнодорожного транспорта. Данные системы должны отвечать требованиям безопасности и функционировать в различных условиях эксплуатации. Одной из таких систем является радиоблокировка – способ интервального регулирования движения поездов с передачей данных о местоположении поезда по радиоканалу. Применение данной системы на всей сети отечественных железных дорог затруднительно, поскольку радиосвязь подвержена внешним воздействиям (различного рода помехи) и нестабильности на пересеченной местности. Помимо этого, для организации данного способа интервального регулирования движения поездов требуется наличие дорогостоящего оборудования для ретрансляции сигналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надежкин В. А. Анализ новых систем интервального регулирования движения поездов / В. А. Надежкин, А. С. Хохрин, В. Б. Тепляков // Образование - Наука - Производство : Материалы IV Всероссийской

научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Иркутский университет путей сообщения", 2020. – С. 169-173.

2. Попов П.А., Озеров А.В. Интервальное регулирование на основе цифрового радиоканала // Автоматика, связь, информатика, 2016. № 10 – С. 19–22.

3. Астрахан В. и др. Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У). – 2008.

4. Чепцов М. Н., Сорокин В. Е. Синтез модели работы оптимальной системы интервального регулирования движением поездов на базе цифрового радиоканала //Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – №. 58. – С. 10-19.

УДК 004.942; 681.5.015;303.094.4

ТЕСТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РАБОТЫ АЛГОРИТМА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ МНОГОМЕРНОЙ ЛДС С ПОМЕХАМИ НАБЛЮДЕНИЙ ВО ВХОДНЫХ СИГНАЛАХ

Сандлер И.Л.^{1,2}, Антонова В.В.¹, Козлов Е.В. ¹, Кормаков А.А.¹

¹Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

²Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. В данной статье рассматривается тестирование и анализ алгоритма параметрической идентификации разностной многомерной ЛДС с помехами наблюдений во входных сигналах. Полученные результаты показывают высокую эффективность работы в сравнении с классическим МНК и расширенным МИП.

Ключевые слова: разностное уравнение, модель динамической системы, нелинейный метод наименьших квадратов, алгоритм параметрической идентификации, тестирование.

TESTING AND ANALYSIS OF THE ALGORITHM FOR PARAMETRIC IDENTIFICATION OF MULTIDIMENSIONAL LDS WITH INTERFERENCE OBSERVATIONS IN INPUT SIGNALS

Sandler I.L.^{1,2}, Antonova V.V.¹, Kozlov E.V.¹, Kormakov A.A.¹

¹Samara, Samara State University of Railway Transport

²Samara, Samara State Technical University

Abstract. This article discusses the testing and analysis of an algorithm for parametric identification of a difference multidimensional LDS with interference observations in input signals. The results obtained show high efficiency in comparison with the classical MNC and advanced MIP.

Keywords: difference equation, dynamic system model, nonlinear least squares method, parametric identification algorithm, testing.

В работе рассматривается разностная многомерная динамическая система с помехами наблюдений, действующие на входные сигналы, вида (1):

$$z_i^{(n)} = \sum_{l=1}^k \sum_{m=1}^{\bar{r}_{nl}} b_0^{(ml)}(n) z_{i-m}^{(l)} + \sum_{j=1}^d \sum_{m=1}^{\bar{r}_{nj}} a_0^{(mj)}(n) x_{i-m}^{(j)}, \quad y_i^{(l)} = z_i^{(l)}, \quad w_i^{(j)} = x_i^{(j)} + \xi_2^{(j)}, \quad (1)$$

где k, d – количество выходов и входов модели; $n = \overline{1, k}$, $y_i^{(l)}$ – выходные наблюдаемые сигналы модели, $z_i^{(l)}$ – выходные ненаблюдаемые сигналы, $l = \overline{1, k}$; $b_0^{(ml)}, a_0^{(mj)}$ – истинные параметры разностного уравнения (1); $w_i^{(j)}$ входные наблюдаемые сигналы модели, $x_i^{(j)}$ – входные ненаблюдаемые сигналы модели, $j = \overline{1, d}$; $\xi_2^{(j)}(i)$ – помеха наблюдения в j -ом входном сигнале системы (1).

Для оценивания значений параметров многомерной модели (1) использовался критерий (2):

$$\min_{\substack{b(n) \\ a(n)} \in \tilde{B}} \frac{\sum_{i=1}^N \left[z_i^{(n)} - \frac{b(n)}{a(n)} \right]^T \frac{Z_{r_{nk}}(i-1)}{W_{r_{nd}}(i)}}{a_0(n) D_2(n) a_0(n)^T}, \quad (2)$$

$$Z_{r_{nk}}(i-1) = \left| z_{r_{n1}}^{(1)T} \dots z_{r_{nk}}^{(k)T} \right|, W_{r_{nd}}(i) = \left| w_{r_{n1}}^{(1)T} \dots w_{r_{nd}}^{(d)T} \right|.$$

Для (2), оценки $(\hat{b}(n) \dots \hat{a}(n))^T$ при $N \rightarrow \infty$, существуют и являются сильно состоятельными [1].

Для моделирования системы (1), в работе, приняты следующие исходные данные: входной сигнал – дельта-коррелированный шум с $\sigma_x^{(j)} = 1$; модель системы (1) описана разностным уравнением:

$$\begin{aligned} z_i^{(1)} &= -0,3z_{i-1}^{(1)} + 0,3z_{i-2}^{(1)} - 0,25z_{i-1}^{(2)} + 0,15x_{i-0}^{(1)} + 0,15x_{i-1}^{(1)} + 0,25x_{i-2}^{(1)} + 0,15x_{i-0}^{(2)} + 0,5x_{i-1}^{(2)} - \\ &\quad - 0,35x_{i-2}^{(2)} + 0,25x_{i-0}^{(3)} + 0,55x_{i-1}^{(3)} - 0,25x_{i-2}^{(3)}; \\ z_i^{(2)} &= 0,2z_{i-1}^{(1)} - 0,3z_{i-2}^{(1)} - 0,4z_{i-1}^{(2)} + 0,15x_i^{(1)} + 0,3x_{i-1}^{(1)} + 0,3x_{i-2}^{(1)} + 0,3x_i^{(2)} + 0,2x_{i-1}^{(2)} - \\ &\quad - 0,15x_{i-2}^{(2)} + 0,15x_i^{(3)} + 0,2x_{i-1}^{(3)} - 0,3x_{i-2}^{(3)}; \end{aligned}$$

среднеквадратическое отклонение $\sigma_{\xi_2}^{(j)}$ равно: $\sigma_{\xi_2}^{(1)} = 0,15$, $\sigma_{\xi_2}^{(2)} = 0,3$, $\sigma_{\xi_2}^{(3)} = 0,6$.

Погрешность оценок определялась по выражению:

$$\delta = \left(\left\| \begin{pmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_0 \\ a_0 \end{pmatrix} \right\| / \left\| \begin{pmatrix} b_0 \\ a_0 \end{pmatrix} \right\| \right) \cdot 100\% .$$

Полученные погрешности оценивания, сведены в таблицу 1. Полученные погрешности сравнивались с классическим методом наименьших квадратов и расширенным методом инструментальных переменных.

Таблица 1

Полученные результаты погрешности

	$\sigma_{\xi_2}^{(j)} = 0,15$	$\sigma_{\xi_2}^{(j)} = 0,3$	$\sigma_{\xi_2}^{(j)} = 0,6$
δ (Предложенный метод)	7,34%	11,53%	13,43%
δ (РИП)	22,67%	24,15%	26,23%
δ (МНК)	40,12%	42,13%	46,38%

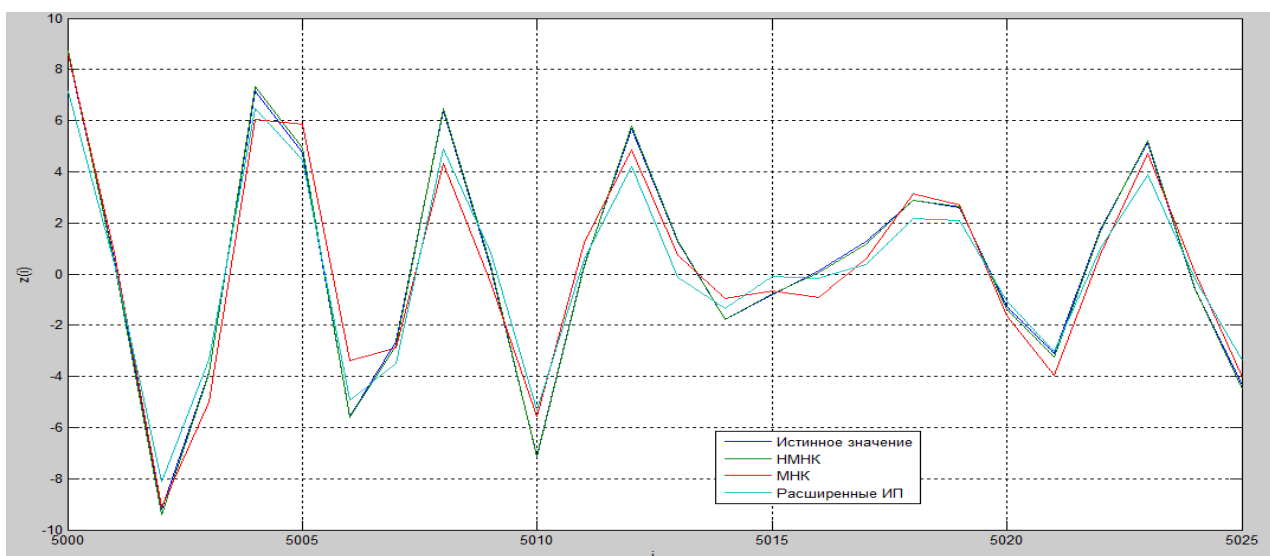


Рис. 1. Вид $z_i^{(1)}$ рассчитанный по истинным и оцененным параметрам ($i=15000$) при $\sigma_1/\sigma_z = 0,5$, $\sigma_2/\sigma_x = 0,5$

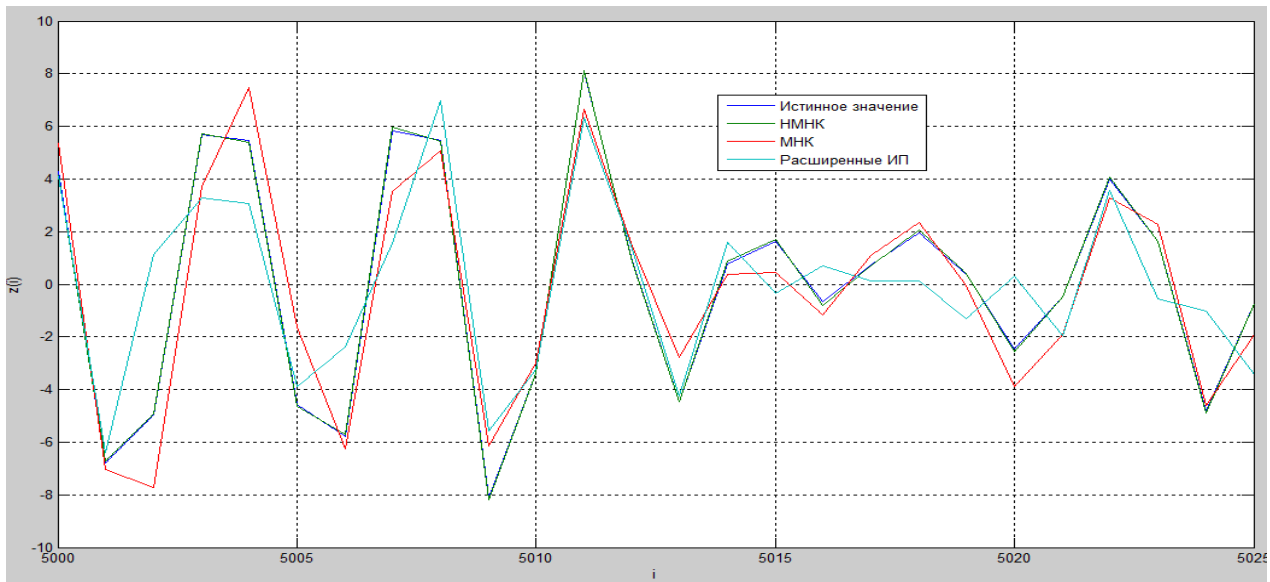


Рис. 2. Вид $z_i^{(2)}$ рассчитанный по истинным и оцененным параметрам ($i=15000$) при $\sigma_1/\sigma_z = 0,5$, $\sigma_2/\sigma_x = 0,5$

Исходя из полученных тестовых результатов, можно сделать вывод, что алгоритм (2) позволяет получить погрешность оценивания параметров модели (1) намного меньше, по сравнению с классическим методом наименьших квадратов и расширенным методом инструментальных переменных. Алгоритм (2) является эффективным.

Совершенствованием данной работы является обобщение на случай автокоррелированных помех с использованием результатов работ [2–5], а также расширение на класс распределенных систем [6–10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов Е.В. Численный алгоритм оценивания параметров многосвязных линейных динамических систем при наличии помех в выходных сигналах в условиях априорной неопределенности // Вестник транспорта Поволжья. 2011. № 1 (25). С. 93а-98.
2. Сандлер И.Л. Рекуррентное оценивание параметров многомерных по входу и выходу разного порядка линейных динамических систем при наличии автокоррелированных помех во входных и выходных сигналах. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. 2016. № 4 (40). С. 14-27.
3. Ivanov D.V., Ivanov A.V. Identification fractional linear dynamic systems with fractional errors-in-variables // Journal of Physics: Conference Series (см. в книгах). 2017. Т. 803. № 1. С. 012058.
4. Ivanov D.V. Identification discrete fractional order linear dynamic systems with errors-in-variables // В сборнике: Proceedings of IEEE East-West Design and Test Symposium, EWDTs 2013. 2013. С. 6673122.
5. Ivanov D. V., Sandler I. L., Chertykovtseva N. V., Bobkova E. U. Learning Algorithm for Fractional Dynamical Systems with Autocorrelated Errors-in-Variables // Procedia Computer Science : 9th, Nanning, 11–13 января 2019 года. – Nanning, 2019. – P. 311-318. – DOI 10.1016/j.procs.2019.06.045. – EDN IVTZPF.
6. Кацюба О.А., Иванов Д.В., Сандлер И.Л., Маслов Е.С. Идентификация распределенных систем при наличии помех наблюдения в выходном сигнале. // Вестник транспорта Поволжья. 2017. № 6 (66). С. 103-110.
7. Маслов, Е. С. Критерий идентификации параметров дискретных динамических систем с распределенными параметрами при наличии помех наблюдений в выходных сигналах / Е. С. Маслов, И. Л. Сандлер // Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем, Пенза, 28–31 мая 2018 года / под ред. д.ф.-м.н., проф. И. В. Бойкова.. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2018. – С. 241-244. – EDN UTQIXW.
8. Сандлер, И. Л. Параметрическая идентификация дискретных динамических систем с распределенными параметрами при наличии помех наблюдения во входных сигналах / И. Л. Сандлер, Е. С. Маслов // Вестник транспорта Поволжья. – 2018. – № 6(72). – С. 100-107. – EDN POPEBZ.
9. Кацюба О. А., Иванов Д. В., Сандлер И. Л., Маслов Е. С. Идентификация распределенных систем при наличии помех наблюдения в выходном сигнале // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. – № 6(66). – С. 103-110. EDN YTUVKW.
10. Авсиевич, А. В. Рекуррентное оценивание параметров нелинейных динамических объектов класса Гаммерштейна с помехой на выходе / А. В. Авсиевич, Д. В. Иванов // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 5(60). – С. 43-50. – EDN MUKZEN.

УДК 629.064

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ГРУЗОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ СЛУЖБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ СОВРЕМЕННЫХ АЭРОДРОМОВ БАЗИРОВАНИЯ АВИАЦИИ

Сергеев В.А.¹, Кровяков В.Б.¹, Шамрай А.А.², Рубцов В.А.¹

¹Воронеж, ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)»

²Екатеринбург, ООО НПП «РаТорм»

Аннотация. Рассматриваются технические и организационные проблемы, возникающие при создании автономной системы электроснабжения на грузовом подвижном составе российских железных дорог, предназначенном для аэродромных служб обеспечения авиационными горюче-смазочными материалами. Обсуждаются перспективы использования гибридных автономных источников питания в совокупности с внешними устройствами сбора и хранения «больших данных».

Ключевые слова: цифровой грузовой вагон, инфраструктура службы гсм аэродрома базирования авиации, перевозка и хранение опасных грузов, автономные накопители электрической энергии, ионисторный модуль, электромашинный генератор.

FEATURES OF THE ORGANIZATION OF THE ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM OF THE RUSSIAN RAILWAYS CARGO ROLLING STOCK WITH THE USE OF AUTONOMOUS POWER SOURCES

Sergeev V.A.¹, Kroviakov V.B.¹, Shamryi A.A.², Rybtsov V.A.¹

¹Voronezh, VUNTS of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A.Gagarin (Voronezh)"

²Ecaterrinburg, NPP "RaTorm" LLC

Abstract. The technical and organizational problems that arise when creating an autonomous power supply systems on the freight rolling stock of Russian railways, intended for airfield services for the provision of aviation fuels and lubricants. The prospects for the use of hybrid autonomous power sources in conjunction with external devices for collecting and storing "big data" are discussed.

Keywords: digital freight car, railway transport infrastructure, transportation of dangerous goods, autonomous electrical energy storage, supercharger module, low-speed electric machine generator.

На аэродромах базирования государственной и гражданской авиации, в соответствии с рекомендациями [1], при эксплуатации, консервации и ремонте авиационной техники применяется более ста различных марок топлив, масел, смазок и иных технических жидкостей (ГСМ).

Большая часть ГСМ доставляется на аэродромы базирования железнодорожным транспортом в закрытых цистернах. Отпуск из цистерн в разнообразные раздаточные емкости или стационарные резервуары производится в соответствии с требованиями [2] на аэродромных складах ГСМ.

При этом непрерывный мониторинг физического состояния и путей следования особо опасного груза, каким является топливо или масло для авиадвигателя, является отдельной технической задачей далекой в настоящее время от своего окончательного решения.

В рамках реализации проекта «Цифровой грузовой вагон», входящим в «Транспортную стратегию Российской Федерации на период до 2035 года» предполагается, в частности, создание системы электроснабжения грузового подвижного состава для организации непрерывного мониторинга опасных и особо опасных грузов, перевозимых в

железнодорожных цистернах по путям следования от мест погрузки на предприятиях до места назначения на аэродромах базирования авиации.

Современные вагоны-цистерны для опасных грузов не оборудуются какими-либо электротехническими устройствами, кроме устройств электроподогрева от внешнего источника энергии на разгрузочных станциях (эстакадах) [3].

Для успешной реализации проекта «Цифровой грузовой вагон» в части перевозки опасных грузов необходимы три важнейших компонента: автономное электроснабжение и устойчивый канал связи с внешней информационной средой, а также цифровые датчики сигналов (см. рис. 1).

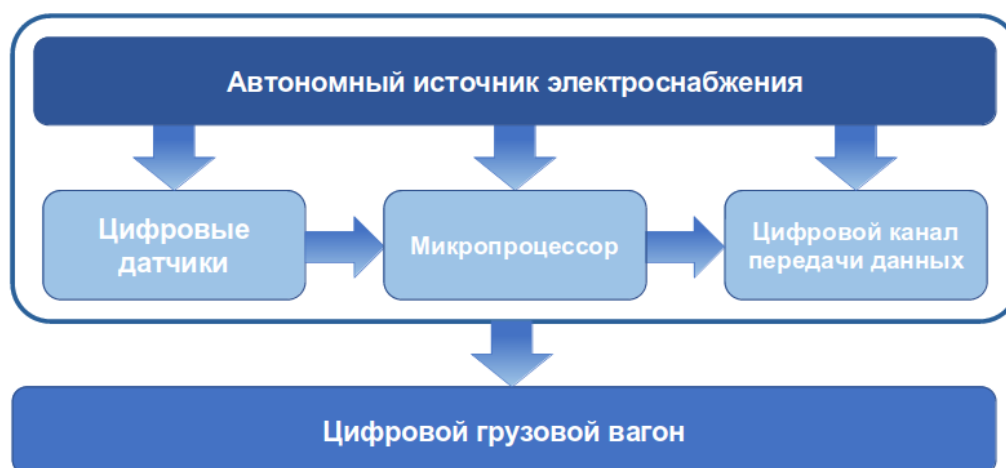


Рис. 1. Ключевые компоненты цифрового грузового вагона

В качестве первичного источника энергии очевидно применение накопителя электрической энергии одновременно удовлетворяющего следующим основным условиям:

- по назначению – питание электрической энергией постоянного напряжения комплектов датчиков, установленных на «цифровом вагоне» (состав комплекта датчиков описан ниже в настоящей статье);
- по режиму работы накопителя – кратковременный (циклический). Для каждого цикла измерений или передачи данных энергия должна накапливаться в буфере. Продолжительность разовой отправки данных на сервер хранения информации по защищенному каналу связи составляет не более 5–10 секунд. Во время движения вагона периодичность обмена информацией составляет не реже 1 раза в 5–10 минут, на стоянке – не реже одного раза в 30–60 минут.
- по энергоемкости – она должна быть достаточной для полноценного функционирования системы без дополнительной подзарядки от стационарных источников (зарядных устройств) в течение не менее 5 суток;
- по надежности – накопитель должен допускать максимально возможное количество циклов «заряд-разряд» в течение срока службы не менее 20 лет;
- по температурной стабильности параметров – зависимость энергетических характеристик накопителя от температуры должна быть минимизирована уровнем достигнутых в настоящее время технологий производства;
- накопитель также должен обладать стойкостью к воздействиям механических и климатических факторов внешней среды и не выделять в атмосферу или водную среду загрязняющих веществ.

Окружающая человека природная среда может служить источником бесконечного количества энергии самых разнообразных видов и форм: ветровой, гидравлической, фотоэлектрической (в т.ч. солнечной), пьезоэлектрической, механической и т.д.

В условиях, когда мощность нагрузки «цифрового грузового вагона» в режиме передачи данных составляет

- в режиме зарядки аккумулятора: не более сотни ватт в течение не более полутора часов. Как правило, такая зарядка (подзарядка) производится в движении состава;
- в режиме передачи данных: не более десятка ватт с описанной выше периодичностью.

Целесообразно, при выборе источника энергии, остановиться на возобновляемом автономном накопителе энергии, преобразующем фотоэлектрическую энергию в энергию заряда накопителя.

Оптимальной представляется схема зарядки накопителя от фотоэлектрического маломощного источника света (солнечной батареи). Такая схема накопления энергии позволяет медленно заряжаться и кратковременно отдавать большую мощность во время «сеанса связи». При этом разряд накопителя в каждом «сеансе связи» является частичным и снижает запасенную в накопителе энергию не более чем на величину, которую накопитель способен получить от фотоэлектрического источника в течение времени между «сеансами связи».

Зарядка аккумуляторной батареи производится от электромеханического генератора с приводом от оси колесной пары грузового вагона [4]. При стоянке, в том числе в местах эксплуатации авиационной техники, необходимую зарядную мощность накопителя должен поддерживать фотоэлектрический преобразователь.

С учетом изложенных требований, рассмотрим технические характеристики наиболее распространенных видов автономных накопителей электрической энергии (по данным [5]), которые приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики накопителей электрической энергии

Параметр, единица измерения	Конденсаторы	Ионисторы	Аккумуляторы
Удельная энергия Втч/кг	0,001–0,1	1–10	8–600
Удельная мощность, кВт/кг	10–100	1–20	0,005–0,4
Допустимое количество циклов «заряд – разряд», шт	до 50 000	до 1500 000	До 10 000
КПД в цикле «заряд-разряд», %	не менее 50	не менее 80	не менее 45
Время зарядки, мин	0,5–1,0	не более 0,5	от 40 до 150
Температура эксплуатации, °С	от минус 40 до 50	от минус 60 до 70	от минус 40 до 50
Средний срок службы, лет	12	25	8

Как следует из указанной таблицы, наилучшим сочетанием технических и ресурсных характеристик обладают ионисторы (электролитические конденсаторы емкостью в десятки и сотни фарад при сверхмалом рабочем напряжении в единицы вольт).

При зарядке ионистора не происходит химической реакции, т.к. принцип работы ионистора состоит в электростатическом заряде постоянным током с последующим разрядом на относительно малое активное сопротивление нагрузки. В связи с этим, ионистор обладает повышенным ресурсом по сравнению с любым химическим источником тока.

Другим важным преимуществом ионистора является отсутствие диэлектрика как в традиционном конденсаторе. Благодаря сверхмалому расстоянию между противоположно заряженными слоями углеродного материала ионистор имеют емкость в 1000 раз больше емкости традиционного электролитического конденсатора.

До последнего времени одним из основных ограничений в применении ионисторов было сравнительно невысокое номинальное напряжение – не более 2,7 В постоянного тока. В последние годы произошел качественный скачок в технологии производства ионисторов, завершившийся созданием ионисторных модулей. Каждый модуль представляет собой готовое инженерное решение надежного автономного источника питания. Модуль состоит из параллельно или последовательно соединенных ионисторов в общем корпусе. Модули защищены от

перенапряжений за счет применения т.н. активных систем балансировки, имеют встроенные устройства контроля остаточного заряда, а также DC/DC преобразователи на входе и выходе.

Наиболее важной характеристикой ионистора является его зарядно-разрядная характеристика (см. рис. 2).

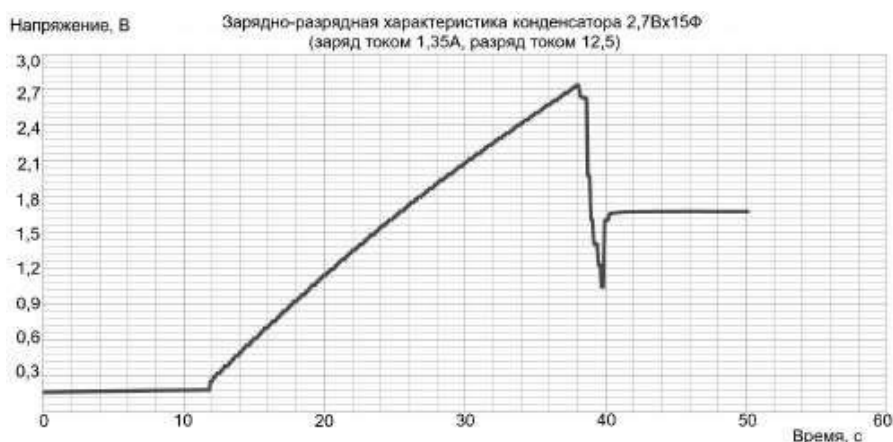


Рис. 2. Зарядно-разрядная характеристика ионистора номинальной емкостью 15 Ф

Особое значение приобретает зарядка ионистора, по схеме «идеального источника тока». Заряженный ионистор представляет собой практически идеальный источник тока, который может работать на почти нулевое сопротивление нагрузки за очень короткое время. Поэтому, по данным [4] ионистор эффективно заряжается не от источника постоянного напряжения, а от источника максимально допустимого тока.

Достигнутые к настоящему времени технические характеристики солнечных батарей иллюстрирует таблица 2.

Таблица 2

Параметры солнечных батарей

Мощность, Вт	Напряжение, В	Ток, А	Габаритные размеры, см	Площадь, см ²	КПД, %	Среднегодовая отдача электроэнергии, кВт*час	Вес, кг	Цена, 1 кВтч/руб
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Монокристаллические кремниевые солнечные панели								
30	12	1,61	56x35x2,5	1960	18,0	52,5	2,8	24,85
50	12	2,73	54,5x66,8x2,5	3749	18,5	87,5	4,2	31,5
100	12	5,47	101,5x66,8x3	6983	19,0	175,0	8	43,2
180	12	9,1	148x68x30	10064	19,6	315	11,1	44,6
Гибкие солнечные панели на основе арсенида галлия								
25	12	1,4	40x45x0,3	1800	28,0	43,7	0,6	14,08
50	12	2,8	54x62x0,3	3348	28,2	87,5	0,7	18,16
100	12	5,6	115,5x54x0,3	6210	29,5	175,0	2,2	18,54
110	12	5,95	105x54x0,3	5720	22,0	192,5	1,75	15,64
160	12	8,89	148x66,5x0,3	9842	19,8	280,0	2,7	17,7
Тонкопленочные панели на основе теллурида кадмия								
30	12	1,66	65,5x35x2,5	2292	17,0	52,5	2,8	27,42
50	12	2,76	54,5x66,8x2,5	3640	18,5	87,5	3,9	34,88
100	12	5,55	102x67x3,0	6834	19,0	175,0	8,0	35,33
170	12	8,85	148,5x66,8x3	9919	19,2	297,5	11,0	42,52
Органические полимерные гибкие солнечные панели								
10	5,0	1,9	33x36x0,4	1188	19,5	17,5	0,43	3,68
100	12	5,55	66,4x66,8x0,7	4435	18,5	175	8,0	6,48
Примечания:								
1 Цена 1 кВтч/руб – удельная стоимость выработки электроэнергии в год								
2 Жирным шрифтом выделены батареи наиболее пригодные для установки на подвижной состав								

Остановимся на характеристиках современных солнечных батарей. В последние годы в этой области техники также имеются неоспоримые достижения. В первую очередь это касается тонкопленочных гибких солнечных батарей (гелиомодулей), выполненных на основе арсенида галлия.

Ионисторные модули ведущих мировых производителей POWERBURST, MAXWELL, NESSCAP сохраняют заряд в течение от 3 до 5 суток без подзарядки от источника питания (солнечной батареи) [6].

Гелиоэлементы на основе арсенида галлия в настоящее время имеют самый высокий КПД преобразования энергии солнечного света в электроэнергию – до 30% (при достигнутом КПД кремниевых солнечных батарей – не более 18%). Еще одним преимуществом гелиомодулей на базе арсенида галлия является слабая зависимость конверсии излучения от температуры. Мощность «малой» генерации практически не изменяется даже при нагреве до 150–1800 °С. По прогнозам [7] удельная стоимость генерации к 2023–2025 г. составит не более 0,6 доллара/Ватт.

Нетрудно заметить, что, несмотря на более высокие удельные характеристики монокристаллических кремниевых панелей их установка на вагоны-цистерны невозможна по причине излишнего веса и негибкости материала основания.

Суммируя сказанное выше в настоящей статье, можно предложить схему установки солнечных батарей на вагоне-цистерне, показанную на рисунке 3.

Солнечные батареи

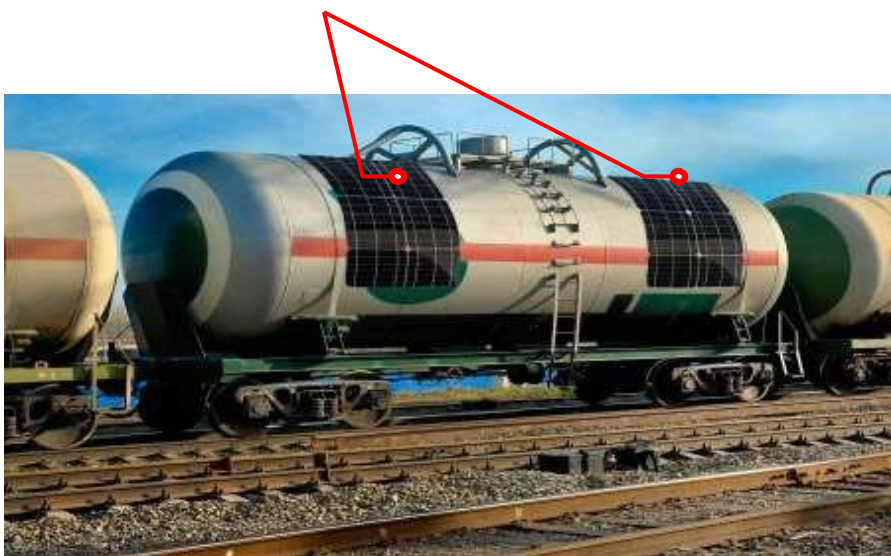


Рис. 3. Схема установки солнечных батарей на цистерне для перевозки аммиака

Размеры батареи должны быть выбраны с избыточной площадью приблизительно в 2,5–3 раза, что приемлемо по экономическим соображениям. При выборе площади батареи следует учитывать, что расположение батареи на цилиндрической поверхности котла с одной стороны дает преимущество в части защиты от попадания песка, грязи, а в зимнее время – снега. Однако, ориентация батареи далека от оптимального наклона батареи к солнцу (по данным [8] на широте Воронежской области этот угол близок к 45 градусам).

Дополнительная защита батареи от попадания перевозимого продукта не требуется, т.к. в соответствии с требованиями [1] перевозка ЛВЖ и сжиженных газов сопровождается необходимыми мерами предосторожности.

Все сказанное выше о выборе надежного автономного источника электроснабжения «цифрового грузового вагона» диктует необходимость применения генераторов двух типов:

- базового электромеханического генератора большой мощности (сотни ватт) для зарядки аккумулятора и обеспечения электроэнергией телематического устройства цифрового вагона (мастер-блок);

- маломощного статического генератора сервопривода, предназначенного для питания дополнительных цифровых датчиков.

На рисунке 4 представлена схема установки обоих типов генераторов на вагонной тележке грузового вагона для перевозки специальных грузов. Базовым генератором мощностью более 100 Вт является синхронная электрическая машина с возбуждением от постоянных магнитов, которая служит для зарядки аккумуляторной батареи емкостью до 12 Ач, телематического устройства мониторинга и диагностики грузового вагона. Одной из функций телематического устройства является предварительная обработка и сохранение информации, полученной от датчиков «цифрового грузового вагона».



Рис. 4. Схема установки генераторов обоих типов на тележке грузового вагона

Источниками сигналов для телематического устройства могут являться следующие датчики (по назначению):

- модуль цифрового канала связи и приемно-передающая антенна (например, стандарта GSM);

- модуль географического местоположения вагона с антенной (ГЛОНАСС/GPS);

- датчик частоты вращения с разрешением до 1 об/мин колесной пары;

- датчик местоположения вагона на сети железных дорог России (разрешение до 2 м);

- датчик ускорений и ударов по трем координатным осям;

- датчик удара (необходим для записи параметров автосцепки при маневровых работах);

- датчик веса загруженного вагона с разрешением от 100 кг;

- датчик положения вагона на полотне железной дороги (датчик крена);

- аппаратура сопряжения (масштабные преобразователи) и др.;

- аккумуляторная батарея (АКБ) напряжением от 3,5 до 12 В.

Во всех режимах движения датчики и основной микроконтроллер питаются непосредственно от АКБ.

Генератором сервопривода является электростатическое устройство мощностью не более 4 Вт. Он предназначен для питания датчиков, установленных непосредственно на каждой колесной паре вагона. В состав электрооборудования питающегося от генератора сервопривода входят:

- ионистор с контроллером заряда и разряда во времени;

- датчик температуры буксового узла с разрешением до 20 °С;

- датчик противоюзного устройства колесной пары;

- модуль беспроводного канала связи по вагону (см. рис. 5).

Питание сервопривода генератора во всех режимах движения грузового вагона производится от солнечных батарей. При длительной стоянке вагона в районах Крайнего Севера в зимний период, когда поступление энергии от солнечных батарей минимально, зарядка ионистора возможна от базового генератора в движении. В этих случаях комплект датчиков сервопривода используется только при движении вагона.

На рисунке 6 представлена (частично) форма протокола данных, получаемых в системе «цифрового грузового вагона», которая может использоваться как грузоотправителями, так и организациями – перевозчиками, а также собственниками груза (предприятиями и хозяйствами Министерства обороны РФ).



Рис. 2. Пример сети связи между датчиками и телематическим устройством

Состояние	
Параметр	Значение
01.(TNN) Номер записи	3567
02.(NAD NAT) Время	2021-07-16 18:26:31
03.(LAT) Широта	54.031730°
04.(LON) Долгота	51.618659°
05.(DIR) Направление	0°
06.(ALT) Высота	153.1 м
07.(SPG) Скорость по GNSS	0.0 км/ч
08.(SPS) Скорость по дат.об.	71.9 км/ч
09.(ODM) Одометр	748.23 км
10.(ACX) Ускорение продольное (X)	-1.4 g
11.(ACY) Ускорение поперечное (Y)	-0.2 g
12.(ACZ) Ускорение вертикальное (Z)	-0.1 g
13.(ACM) Модуль ускорения	0 g
14.(GNH) Горизонтальный фактор ухудшен...	0
15.(GNV) Вертикальный фактор ухудшения ...	0
16.(GNS) Количество спутников	0
17.(GSM) Уровень RSSI	-95 дБм
18.(ABT) Температура буксы	28 °C
19.(ABR) Скорость изменения температуры ...	0 °C/мин
22.(BTT) Температура АКБ	25 °C
23.(BTV) Напряжение АКБ	4.19 В
24.(BTC) Ток заряда/разряда АКБ	92 мА
☑ Технические параметры	

Рис. 6. Форма протокола данных в системе «цифрового грузового вагона»

Протоколы, получаемые в онлайн- формате, всеми участниками перевозочного процесса в настоящее время неизбирательны относительно объема передаваемой информации.

Таким образом, «видимый» объем информации исключает возможности манипулирования информацией при поставках ГСМ. Важным аспектом решения задачи является не только цель предотвращения хищений грузов (аналогичные задачи решались и ранее при помощи небезызвестных электронных пломб), но и определением мест и времени таких хищений, которые легко выявляются при использовании вновь вводимой системы «цифрового грузового вагона».

В заключении настоящей статьи следует отметить, что проблема цифровизации грузового сообщения на железных дорогах России, в том числе при перевозке опасных и особо опасных грузов, далека от своего решения прежде всего из-за отсутствия в настоящее время единого подхода к обработке, получаемой от системы управления и мониторинга грузового подвижного состава разнообразной информации.

Для подвижного состава, используемого на аэродромах базирования государственной и гражданской авиации проблема усугубляется отсутствием единого методического подхода к организации службы ГСМ в современных условиях.

Если компании-перевозчики и грузополучатели крайне заинтересованы в получении исчерпывающей информации о местоположении груза, его физическом состоянии и характеристиках пути, то собственник инфраструктуры (ОАО «РЖД») пока не определился с необходимыми ему параметрами и алгоритмами перевозочного процесса. По-видимому, как и для всех нововведений, требуется определенное время на избавление от устаревших стереотипов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 18.12.02-2017 Технологии авиатопливообеспечения. Общие технические требования. Дата введения 2018-06-01. М.: Стандартинформ, 2018 - 46с.
2. Инструкция по организации обеспечения, хранения, подготовки, контроля качества, заправки воздушных судов горюче-смазочными материалами на аэродромах №15-3/5-24 от 20 января 1989 г, М.: Изд-во «Воздушный транспорт», 1990 – 48с.
3. Транспортная Стратегия Российской Федерации до 2035 г // В редакции Указа Президента РФ №474 от 21.07.2020- Собрание законодательных актов Российской Федерации – с.376-446;
4. Ключевые элементы ИТ-стратегии РЖД: доклад/ Е.И. Чаркин [и др.]. - Москва, 2020- 26с.
5. Pierre Mars, CAP-XX Ltd Подключение ионисторов к устройствам сбора энергии / Pierre Mars-Радиолюцман, август 2012 – с.43-50;
6. Материалы сайта: maxwell.com // products/ultracapacitors/modules.
7. Арсенид-галлиевые гибкие солнечные батареи // по материалам сайта SmartHomeGadget/ gibkie-solnechnye-paneli.
8. Воронежская энциклопедия/ [гл. ред. М.Д. Карпачев]- Воронеж: Центр духов. Возрождения Чернозем. Края, 2008, т.1 - 523 с.

УДК 621.31

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЯГОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Степовая Д.А., Сафронова И.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Контроль за электрическими параметрами энергооборудования железнодорожной инфраструктуры, в частности трансформаторов тяговых подстанций с целью перехода технического обслуживания от нормативного (по рекомендованным интервалам промежуточного ТО в технической документации) к обслуживанию по фактическому износу (в зависимости от интенсивности эксплуатации).

Ключевые слова: тяговый трансформатор, система тягового электроснабжения, техническое обслуживание, ток, температура.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF TRACTION TRANSFORMERS

Stepovaya D.A., Safronova I.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. Monitoring of electrical parameters of power equipment of railway infrastructure, in particular transformers of traction substations for the purpose of transition of maintenance from normative (according to the recommended intervals of intermediate maintenance in technical documentation) to maintenance according to actual wear (depending on the intensity of operation).

Keywords: traction transformer, traction power supply system, maintenance, current, temperature.

Для поддержания силовых трансформаторов в работоспособном состоянии на протяжении всего периода эксплуатации необходимо регулярно выполнять их техническое обслуживание. Установлены следующие виды планового технического обслуживания силовых трансформаторов: технический осмотр, профилактический контроль и ремонт. Кроме того, в процессе эксплуатации силовых трансформаторов необходимо осуществлять внеплановое техническое обслуживание при появлении в межремонтный период неисправностей или аварий трансформаторов [1–3].

При техническом обслуживании по фактическому износу оборудования ключевым моментом является отслеживание в процессе эксплуатации пиковых значений таких параметров, как ток, протекающий через обмотки трансформатора, и температура масла внутри трансформатора.

Для реализации сбора показаний датчиков и дальнейшей обработки полученных данных предполагается построение информационной системы, включающей в себя базу данных и программный модуль, реализующий необходимые вычисления.

Целью данной работы является расширение возможностей такой информационной системы для более эффективного использования полученных в ходе измерения данных. Вести сбор данных и предварительную обработку предполагается с помощью контроллера, расположенного в непосредственной близости от устройства и связанного с датчиками. Сбор данных необходимо осуществлять в соответствии с физическими параметрами контролируемого процесса. Так, например, ток в обмотках трансформатора может иметь резкие скачки показаний в относительно короткие промежутки времени, в то время, как окружающая температура имеет значительную инерционность. Следовательно, временные интервалы между получением очередной порции данных должны быть различными у каждого процесса. Это позволит сократить объем передаваемых данных. Предварительная обработка данных также позволяет уменьшить загрузку каналов связи, по которым данные будут передаваться на сервер. Алгоритмы предварительной обработки будут зависеть от использованного метода. Результаты предварительной обработки будут накапливаться в локальной базе данных, а затем передаваться в основную базу данных информационной системы. Это позволит вести передачу данных по относительно медленным каналам связи, при этом целесообразно использовать два буфера для накопления данных. Пока ведется передача данных на сервер из одного буфера памяти, сбор данных осуществляется в другой.

Так как процесс эксплуатации устройств электрооборудования является достаточно длительным, то накопление данных в течение жизненного цикла устройства приведет к появлению огромного массива показаний, обработка которого позволит получить дополнительные возможности, в частности, прогнозирование технического состояния с целью предотвращения аварийных ситуаций. Способы диагностики промышленных устройств электрооборудования для предотвращения аварийных ситуаций используются разные. Например, в статье [3] приводится пример использования спектрального анализа в диагностике электродвигателей. При этом, предлагается контролировать спектр тока электрической машины и делать своевременные выводы о характере неисправности. Таким образом, полученные спектрограммы позволяют делать выводы о текущем техническом состоянии оборудования и делать краткосрочные прогнозы.

В случае сбора больших массивов данных с помощью информационной системы, появляется возможность использовать для их обработки как статистические методы, так и различные интеллектуальные методы анализа данных. Наиболее распространенными статистическими методами прогнозирования являются такие методы как экстраполяция по скользящей средней и прогнозирование методом линейной регрессии [4].

Экстраполяция по скользящей средней чаще всего используется для целей краткосрочного прогнозирования. Как правило оно используется в том случае, когда полученные данные не позволяют выявить тенденцию развития контролируемого процесса, то есть построить тренд. Более широко используется для прогнозирования метод линейной регрессии. Его достоинством является достаточная простота вычислительных алгоритмов и

характерная для линейной модели наглядность и интерпретируемость результата. Как недостаток можно отметить невысокую точность. Для проверки возможности использования того или иного метода в задачах прогнозирования технического состояния устройств электрооборудования необходимо провести моделирование.

Требует проверки и применение в задачах прогнозирования моделей с использованием нечетких множеств и нейронных сетей. Эти модели являются наиболее перспективными в плане получения положительного результата [5]. Их использование основано на моделировании и оценки временных рядов. Таким образом, дальнейшим развитием информационной системы по сбору данных о техническом состоянии устройств электрооборудования может быть программный модуль, реализующий алгоритмы прогнозирования, построенные по статистическим моделям или моделям, использующим различные интеллектуальные методы обработки данных. Использование таких методов в перспективе может дать возможность построить различные профили эксплуатации устройств электрооборудования. Это позволит более рационально использовать то или иное оборудование в зависимости от условий эксплуатации.

Для того чтобы оценить техническое состояние трансформатора необходимо вычислить следующие показатели с учетом паспортных данных, статистических и диагностических параметров:

1. Для прогноза остаточного ресурса и срока службы трансформатора необходимо определять относительный износ изоляции трансформатора F по методике, изложенной в ГОСТ 14209-85 «Трансформаторы силовые масляные общего назначения» [6].

2. Температуру наиболее нагретой точки обмотки $\theta_{нтт}$ в установившемся тепловом режиме (при нагрузках K) так же следует рассчитывать по формулам согласно ГОСТ 14209-85 [7].

3. Для определения технического состояния трансформатора нам необходимо определить относительную скорость износа $V_{из}$ по ГОСТ 11677 «Руководство по нагрузке силовых трансформаторов. Расчет температуры» производится для изоляции, соответствующей ГОСТ 3484.2-88 «Трансформаторы силовые».

4. Относительное сокращение срока службы L в течение определенного периода времени рассчитывается по ГОСТ 11677.

5. Срок службы трансформатора согласно рассчитанному относительному износу витковой изоляции вычисляется по формуле:

$$L_{сп} = L_{эспл} / \sum F_i, \quad (1)$$

где $L_{эспл}$ – заявленный срок службы трансформатора, лет.

6. Годовой износ трансформатора определяется по формуле:

$$L_{изн} = \frac{\sum F_i}{L_{эспл}} \cdot 100\% \quad (2)$$

7. Износ за все время эксплуатации трансформатора определяется по формуле:

$$L_{изн} = L_{пред} + L_{изн} \quad (3)$$

где $L_{пред}$ – фактический предыдущий износ витковой изоляции обмотки в «нормальных сутках износа» до ввода в эксплуатацию системы на определенно подстанции.

8. Остаточный срок службы трансформатора определяется следующим образом:

$$L_{ост} = L_{эспл} - \left(\frac{\sum F_i}{L_{эспл}} \cdot L_{изн} \right) \quad (4)$$

9. Для прогнозирования скорости износа трансформатора и его остаточного ресурса необходимо прогнозировать параметры (температура верхних слоев масла у крышки бака, температура нижних слоев масла у днища бака; температура окружающего воздуха; влажность воздуха; рабочие токи фаз ВН, СН и НН трансформатора; рабочие напряжения ВН, СН и НН трансформатора), которые фиксируются с трансформатора с учетом

предшествующих статистических данных. Планируемые параметры определяем с помощью функции тенденции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исламов Б.Р. Комплексный подход к диагностике трансформаторов «Наука и образование транспорту», 2018 г. Том 1 / редкол.: Д.В. Железнов [и др.] – Самара : СамГУПС, 2018. С.245-249.2. Тер-Оганов, Э.В. Учебник для студентов университета / Э.В. Тер-Оганов, А.А. Пышкин. – Екатеринбург : УрГУПС, 2014. – 432 с.
2. Ефремова И. А. Комплексный подход к диагностике силовых трансформаторов / И. А. Ефремова, Б. Р. Исламов // Наука и образование транспорту. – 2018. – № 1. – С. 245-248.
3. Козменков О. Н. Автоматизация мониторинга и диагностики технического состояния преобразовательных трансформаторов на железнодорожном транспорте / О. Н. Козменков, И. А. Ефремова // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии (ПЭЭЭ-2017) : V Всероссийская научно-техническая конференция (к 50-летию юбилею кафедры «Электроснабжение и электротехника» Института энергетики и электротехники), Тольятти, 01–02 ноября 2017 года / Министерство образования и науки российской федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт энергетики и электротехники. – Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2017. – С. 505-509.
4. Ефремова И.А. Диагностика и мониторинг технического состояния трансформаторов с целью повышения эксплуатационных показателей // Вторая международная Научно-практическая конференция «Транспорт и логистика: инновационная инфраструктура, интеллектуальные и ресурсосберегающие технологии, экономика и управление». Ростов -на-Дону: РГУПС.2018. С. 164-168.
5. Козменков О.Н., Сафронова И.А., Батищев А.М. Совершенствование расчётных моделей определения остаточного ресурса масляных трансформаторов потребителей нефтедобычи // Оборудование и технологии. – 2022. - №2(128). – С. 13-18.
6. Ефремова И.А., Козменков О.Н., Добрынин Е.В. Математическая модель оценки технического состояния масляного трансформатора // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 329-332.

УДК 681.518.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УМНОГО ДОМА В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Федорова Я.Е.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В настоящее время технологии «Интернет вещей» (IoT) имеет очень важное значение во всех отраслях человеческой деятельности. Технология соединяет в себя множество электронных устройств. В настоящее время огромное количество устройств могут взаимодействовать без человеческого присутствия. Технологии IoT создают комфортные условия для людей.

Для жителей города большое значение имеет комфорт, в том числе и в транспортной сфере. Добраться до работы зная точное время выхода из дома, количество времени, которое потребует на дорогу, существенно упрощает жизнь человека. Для города важно создать единую экосистему комфортную для жизни граждан и выгодную с экономической точки зрения. Неправильно разработанная транспортная система способна остановить деятельность всего города. Медицинская помощь не сможет добраться до пострадавшего, коммунальные службы не смогут устранять последствий аварий, выполнять свои ежедневные обязанности, в том числе связанные с погодными условиями. Многокилометровые пробки способны остановить жизнь в городе и превратить его в непригодный для жизни вовсе: выхлопные газы, выбросы в окружающую среду, отсутствие возможности добраться из точки А в точку В. Все это скажет негативное влияние на желание жить в этом городе, и он превратится в заброшенный. Единая транспортная система является одним из самых эффективных способов транспортного планирования городской среды.

Ключевые слова: умный дом, транспорт, smart home, интеллектуальные системы, цифровая трансформация, IoT.

USE OF SMART HOME TECHNOLOGY IN THE TRANSPORTATION INDUSTRY

Fedorov Ya.E.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. Currently, the Internet of Things (IoT) technology is very important in all branches of human activity. The technology integrates a variety of electronic devices. Nowadays, a huge number of devices can interact without a human presence. IoT technologies create a comfortable environment for people.

For city residents, comfort is of great importance, including in the transport sector. Getting to work knowing the exact time to leave the house, the amount of time it takes to travel, greatly simplifies a person's life. It is important for the city to create a single ecosystem that is comfortable for the life of citizens and beneficial from an economic point of view. An improperly designed transport system can stop the activity of an entire city. Medical assistance will not be able to reach the victim, utilities will not be able to eliminate the consequences of accidents, to carry out their daily duties, including those related to weather conditions. Many kilometers of traffic jams can stop life in a city and turn it into completely unsuitable for life: exhaust gases, emissions into the environment, the inability to get from point A to point B. All this will say a negative impact on the desire to live in this city, and it will turn into abandoned. A unified transport system is one of the most effective ways of urban transport planning.

Keywords: smart home, transport, smart home, intelligent systems, digital transformation.

Население планеты увеличивается с колоссальной скоростью. На текущий момент люди предпочитают жизни в селах и деревнях жизнь в городе. Помимо этого, идет активное развитие беспроводных устройств, сейчас практически каждый человек имеет смартфон в своем кармане. Все это создает идеальные условия для формирования единой сети устройств, которые находятся в непосредственной близости друг от друга. Суть идеи «умного города» дает возможность внедрения беспроводных устройств с городской средой через использование технологий интернета вещей. Благодаря технологиям интернета вещей происходит замена устаревших технологий на более новые. То будущее, которое показывали в различных фильмах и казавшееся нереальным тогда уже наступает прямо сейчас. Технология Интернета вещей делает жизнь существенно комфортнее, к примеру, умные бытовые приборы уберут вашу квартиру, сделают температуру и влажность воздуха в доме удобной и комфортной для прибывания, в то время как вы находитесь на работе [1, 2].

Технологии дают возможности уменьшить время выполнения работ и существенно сократить затраты.

Важными факторами при внедрении технологии умного города является то, что все эти технологии динамичные и быстро развиваются. Поэтому система должна быть масштабируемой и быстро приспосабливаться к внешним изменениям.

Главной целью «умного города» является сделать жизнь жителей города удобнее и безопаснее, сэкономить бюджетные средства и физическое пространство. Идеальная система «умного города» будет встречаться везде, в итоге она будет образовывать единую экосистему и будет внедрена во все сферы жизни человека. Ключевыми факторами, которые определяют понятие «умный город» считаются: применение различных цифровых технологий среди жителей и в инфраструктуре города, применение информационных технологий для изменения инфраструктуры в регионе, внедрение цифровых технологий в государственные системы, объединение на одной территории людей и цифровых технологий в целях повышения знаний и инноваций [3].

В систему «умного города» входит несколько ключевых элементов, представленных на рисунке 1.

Единый Дата центр удобен при сопоставлении и использовании различной информации. Универсальное приложение, в котором объединены все нужные сведения существенно упростит жизнь: вызвать такси, узнать о загруженности дорог, написать жалобу на качество дороги или о нарушениях, узнать о ремонте конкретного участка дороги. Создав умные парковки людям, не придется задумываться об оплате парковочного места, благодаря датчикам, которые отслежат время нахождения на парковке, и нужная сумма сама спишется с банковской карты.



Рис. 1. Элементы системы «Умный город»

Система умного освещения поможет сэкономить на оплате электроэнергии. Освещение будет включаться только в темное время суток. Также будет возможность усиливать или уменьшать яркость освещения при различных погодных условиях. Функцией, которая существенно облегчит жизнь людей в умном общественном транспорте, несомненно, является отслеживание времени прибытия. Вы можете заранее рассчитать время выхода из дома, особенно это удобно в плохих погодных условиях. Не придется долгое время находиться на улице в ожидании транспорта. В настоящее время ведется активная разработка и начинается внедрение беспилотных автомобилей. В концепте умного города данные автомобили уже будут со встроенной системой уведомления, то есть он уже будет заранее знать о состоянии пробок на дорогах, о свободных парковочных местах и сможет распланировать самый быстрый и удобный маршрут [4, 5].

В данный момент транспортная отрасль – одна из самых активно развивающихся в мире. Эффективное функционирование транспортной отрасли влияет на продуктивность работы других промышленных отраслей, таким образом, и на финансовое состояние страны. Изучая проблемы развития транспортной отрасли, стоит рассмотреть цифровизацию, являющуюся одним из основных двигателей прогресса. Цифровые технологии активно внедряются во все сферы деятельности. Транспортная отрасль также является одной из ключевых сфер.

Нездоровая транспортная система способна превратить город из комфортной среды обитания в гигантскую ловушку: его население не сможет рассчитывать на своевременную медицинскую помощь, пожарные не будут успевать вовремя добраться до очагов возгорания, коммунальные службы перестанут справляться с чрезвычайными ситуациями, вызванными погодными катаклизмами, и даже выполнение текущих обязанностей будет вызывать у них затруднения. Транспортный коллапс парализует экономику города, и первыми под удар попадут соответствующие компании: автопарки общественного транспорта, грузоперевозки и сервис доставки. Затем задыхающийся в пробках и выхлопных газах город окончательно станет непригодным для жизни.

На данный момент происходит внедрение smart-технологий во все сферы деятельности, в том числе и в транспортную отрасль. Очень часто большая загруженность на дороги возникает вследствие того, что водитель не может найти парковочное место. Для решения этой проблемы в некоторых городах внедряют аналитическую систему, которая позволит оценить загруженность дорог и предложит решения по изменению параметров городских парковок, к примеру, изменить стоимость услуги в час, время на ее оплату, продолжительность платного периода и тому подобные меры, чтобы удержать оптимальную загруженность 85%. Также это поможет решить еще одну значимую проблему. Одной из самых частых причин аварии на дорогах являются аварии при выезде с парковочного места.

Сведения, которые собираются при помощи технологий интернета вещей, оказывают большое влияние на организацию транспортной системы в крупных городах. Данные с турникетов в метро позволяют оценить загруженность транспорта и предсказывать поток людей в определенные часы.

Если удастся предсказать часы загруженности транспорта, то можно уменьшить временные интервалы ожидания, изменить график движения транспорта, также можно уведомить об этом граждан с помощью мобильного приложения.

Очень большим информационным источником может являться мобильный телефон. Посредством отправки геоданных мы можем отслеживать численность людей работающих или проживающих в одном районе, это позволит выявить районы, в которых наблюдается наибольший транспортный поток. Также можно будет отследить в какие часы человек перемещается по маршруту дом-работа и обратно и сделать выводы о часах-пик в это время. От обратного мы можем выявить в какое время и в каком районе транспортная нагрузка невелика. Собрав и проанализировав данные сведения, можно принимать решения есть ли необходимость в постройке дополнительных транспортных развязок в районы с большим транспортным потоком, есть ли необходимость в установке дополнительных автобусных остановок или в построении новых станций метро.

Системы отслеживания неполадок можно внедрить в эскалаторы, лифты, светофоры, в случае поломки или некорректной работы данная система будет сообщать об этом в управление и после этого будет отправляться человек, чтобы настроить систему.

Цифровые технологии очень быстро внедряются в городскую систему крупных городов, постепенно начинается их внедрение в системы средних и малых городов. Внедрение и изменение транспортной системы должна активно сопровождаться информационным освещением в адрес жителей города. Важно донести до них как важно внедрять новые технологии и как это сможет облегчить их жизнь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Internet of things. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things. – Дата доступа 27.12.2022
2. Кузяшев А.Н., Смолин А.Е. Интернет вещей, умный дом и умные города // Эпоха науки. 2021. №25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/internet-veschey-umnyy-dom-i-umnye-goroda> (дата обращения: 20.09.2021).
3. Приоритетные направления внедрения технологий умного города в Российских городах / В.Н. Княгин [и др.]. – Москва : Центр стратегических разработок, 2018. – 2-17 с.
4. РЖД Партнер.РУ – Режим доступа: <https://www.rzd-partner.ru/logistics/news/bolee-80-transportnykh-kompaniy-v-rossii-vnedryayut-tsifrovye-tekhnologii/>. – Дата доступа: 28.12.2022.
5. Трегубов В.Т. Использование информации сотовых операторов в городских транспортных исследованиях // Транспортные системы и технологии. 2020. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-informatsii-sotovyyh-operatorov-v-gorodskih-transportnyh-issledovaniyah> (дата обращения: 23.09.2021).

СЕКЦИЯ 2

Информационные системы и технологии на транспорте

УДК 004

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ V2V В АВТОМОБИЛЯХ 3PL LOGISTICS

Аглиулин А.Д., Козлов В.В.

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. Сегодня развитие информационных технологий происходит невероятно быстрыми темпами. Они существенно прогрессируют и меняют наш мир, проникая во все жизненно важные для каждого человека сферы, в том числе автомобильную промышленность. Современные технологии позволяют уделять меньше времени и внимания на дорогу, но при этом обеспечивать безопасное движение, оказывая помощь водителю в управлении транспортом. В данной статье исследованы особенности технологии V2V, которая в ближайшем будущем позволит обеспечивать сообщение между транспортными средствами

Ключевые слова: умный автомобиль, автомобиль, искусственный интеллект, технология, информационные технологии.

RESEARCH OF V2V TECHNOLOGY IN 3PL LOGISTICS VEHICLES

Agliulin A.D., Kozlov V. V.

Samara State Technical University

Abstract. Today, the development of information technology is happening at a very fast pace. They are significantly progressing and changing our world, penetrating into everything vital for every sphere of man, including the automotive industry. Modern technologies can reduce time and attention on the road, but at the same time ensure safe movement by assisting the driver in driving. This article explores the features of V2V technologies, which in the near future will make it possible to find communication between vehicles.

Keywords: connected car, vehicle, artificial intelligence, tech, information technology.

Использование искусственного интеллекта в автомобиле не просто облегчает задачу перемещения из одного пункта в другой, но и делает поездку более комфортабельной для водителя и пассажиров: это было неоднократно доказано компаниями Google, Tesla и другими разработчиками беспилотных автомобилей. «Connected car» или «Умный автомобиль» – наиболее перспективное направление в хайтек-индустрии, которое связано с развитием глубоко компьютеризированного и усовершенствованного транспорта, адаптированного в киберпространство, а также оснащенного искусственным интеллектом. Чаще всего так называют транспортные средства, превосходящие по ряду параметров стандартные модели.

Умный автомобиль через сеть взаимодействует с окружающим миром, поэтому в нем выделяют такие группы систем: автомобиль-автомобиль (vehicle-to-vehicle, V2V), автомобиль – инфраструктура (vehicle-to-infrastructure, V2X) и автомобиль-пешеход (vehicle-to-pedestrian, V2P), а также автомобиль – электросеть (vehicle-to-grid, V2G) и автомобиль – устройство (vehicle-to-device, V2D). В данной статье речь пойдет о технологии V2V.

Одним из основных преимуществ этой технологии является безопасность. Автопроизводителями и экспертами в сфере автопромышленности предполагается, что контроль окружающей среды транспортом, получение им информации о происшествиях на дорогах в online-режиме, взаимодействие с другими автомобилями по особым каналам связи обеспечат безопасность для всех участников дорожного движения. Благодаря связи между

умным транспортом, V2V способна предотвратить аварийные ситуации даже при экстренных обстоятельствах, когда человеку нужно реагировать без раздумий (отказ тормозной системы, плохое самочувствие водителя встречного авто и прочее) непосредственно в процессе движения. Также цифровая система заранее предупредит водителя о наличии потенциальной опасности на пути следования, даже если она не находится в поле зрения водителя. Чаще всего, водитель, услышав звуковой сигнал, например, автомобиля экстренных служб или другого участника движения, не может определить, с какой стороны находится источник. В свою очередь, умный автомобиль ориентирует водителя в ситуации, а также подскажет, какие действия нужно предпринять для её разрешения. Все вышеперечисленные примеры доказывают, что технология V2V удобна, полезна, а главное, является гарантом безопасности на дорогах.

К сожалению, существуют большие препятствия скорого развития концепции Connected Car, к ним относятся:

1. Отсутствие правового регулирования «общения» между автомобилями.
2. Необходимость в создании и внедрении единой «умной» среды, в которой к сети будут подключены все объекты (светофоры, дорожные знаки и т.д.) и субъекты дорожного движения.
3. Дороговизна умной машины, а также её обслуживания в связи с нехваткой квалифицированных работников

Примеры интеграции различными автоконцернами систем связи в свои автомобили уже есть. Например, громким проектом является анонсированная в 2016 году компанией Tesla Motors полноценная система автовождения. Правда, основная проблема заключается в том, что взаимодействовать друг с другом транспортные средства разных производителей не могут по причине отсутствия единых стандартов, которые, кстати, на сегодняшний день намерены ввести в Соединённых Штатах Америки. Федеральная комиссия по связи (FCC) США уже выделил промышленности частоты для создания и масштабирования национальных систем vehicle-to-infrastructure и vehicle-to-vehicle. Стоимость одной системы V2V-связи оценивается от 250\$.

Вывод: в настоящее время сформировались все необходимые условия для развития и совершенствования умных автомобилей: стремительно развивается цифровое пространство и сфера IT-технологий, интеллект и функциональность систем развивается, широкое распространение получает концепция сети "интернет вещей". Все это в совокупности предоставляет огромные возможности для развития и создания уникального транспортного средства. Если технология V2V оправдает возлагаемые на нее надежды, то количество аварий на дорогах значительно сократится, как и связанные с ними издержки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобили становятся «умнее» своих водителей [Электронный ресурс]. URL: <https://ib-bank.ru/bisjournal/news/4357> (дата обращения 19.12.2022)
2. Умные автомобили [Электронный ресурс]. URL: <https://center2m.ru/ymnie-avtomobili> (дата обращения 19.12.2022)
3. Умные автомобили: история с продолжением [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/403291/> (дата обращения 19.12.2022)
4. V2V, V2I, технологии и возможное будущее автомобильного транспорта [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/237447/> (дата обращения 19.12.2022)
5. Стандартизация, возможности и темпы развития умных автомобилей [Электронный ресурс]. URL: <http://1234g.ru/> (дата обращения 19.12.2022)

УДК 656.2.08; 681.325.5

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЯ

Бушtruk А.А.¹, Бушtruk Т.Н.², Царыгин М.В.³

¹Саров, Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

²Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

³Москва, ПАО «Мобильные ТелеСистемы»

Аннотация. В проектной деятельности любой сферы производства, технологий возникают разнонаправленные задачи: с поиском оптимума, многокритериальными заданиями. Процесс проектирования следует рассматривать с точки зрения системного подхода. Как часть системного объекта, проектирование - это действия, направленные на формирование элементов, узлов, блоков архитектуры, модулей, интерфейсов и других компонентов системы или её части с заданными свойствами. Структуризация последовательности действий при проектировании любого модуля, изделия, проекта имеет актуальное значение. Неотъемлемыми компонентами стадии проектирования являются анализ, формализации и алгоритмизация, не взирая на технологическую принадлежность. Введение этапов формализации и алгоритмизации при различных видах, направлениях проектирования структурирует работу инженера-конструктора.

Ключевые слова: алгоритм проектирования, системный подход, проектирование, многокритериальные задачи.

PRODUCT DESIGN ALGORITHM

Bushtruk A.A.¹, Bushtruk T.N.², Tsarygin M.V.³

¹Sarov, Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics

²Samara, Samara State Transport University

³Moscow, Mobile TeleSystems PJSC

Abstract. In the project activity of any sphere of production, technologies multidirectional tasks arise: with the search for the optimum, multi-criteria tasks. The design process should be considered from the point of view of a systematic approach. As part of a system object, design is an action aimed at forming elements, nodes, architecture blocks, modules, interfaces and other components of the system or its part. Structuring the sequence of actions in the design of any module of the product of the project is of actual importance. Integral components of the design stage are analysis, formalization and algorithmization.

Keywords: design algorithm, system approach, design, multi-criteria task.

Выполнение проекта – это разнонаправленная деятельность, объединенная целями и идеологией в единую систему. Причем компоненты проектирования присутствуют в любой сфере производства, технологий, науке. Проектирование, как процесс, является системным объектом, в котором используются принципы декомпозиции, моделирования разрабатываемого изделия – это действия, направленные на формирование элементов, узлов, блоков архитектуры, модулей, интерфейсов, компонентов и других компонентов системы или её части в соответствии со сформулированными целями. При этом возникают разновекторные задачи, многокритериальные задания, которые необходимо решить, выполнить с поиском оптимума. Процесс проектирования следует рассматривать с точки зрения системного подхода. Структуризация последовательности действий при проектировании любого модуля изделия, проекта имеет актуальное значение. Неотъемлемыми компонентами стадии проектирования является анализ и формализации, чему способствуют современные компьютерные технологии. На различных этапах проектирования возникают многокритериальные задачи, выбор альтернативных вариантов при разработке модуля или элемента изделия, оптимизация материалов, размеров, параметров настроек, ценовых критериев.

Результатом проектирования является продукт, изделие, проект в любом виде воплощения – целостная совокупность моделей, свойств или характеристик, описанных в форме, пригодной для реализации конечного изделия.

Проектные мероприятия по формированию технической документации и создание модели изделия направлены на представление объекта проектирования в соответствии с целью, функциональным назначением, предписанными ограничениями, массными и ценовыми критериями.

Общий алгоритм проектирования элемента, модуля, устройства с обеспечением заданных выходных характеристик показан на рисунке 1. Каждая итерация процесса проектирования приводит к всё более точной модели, к достижению конечного результата.

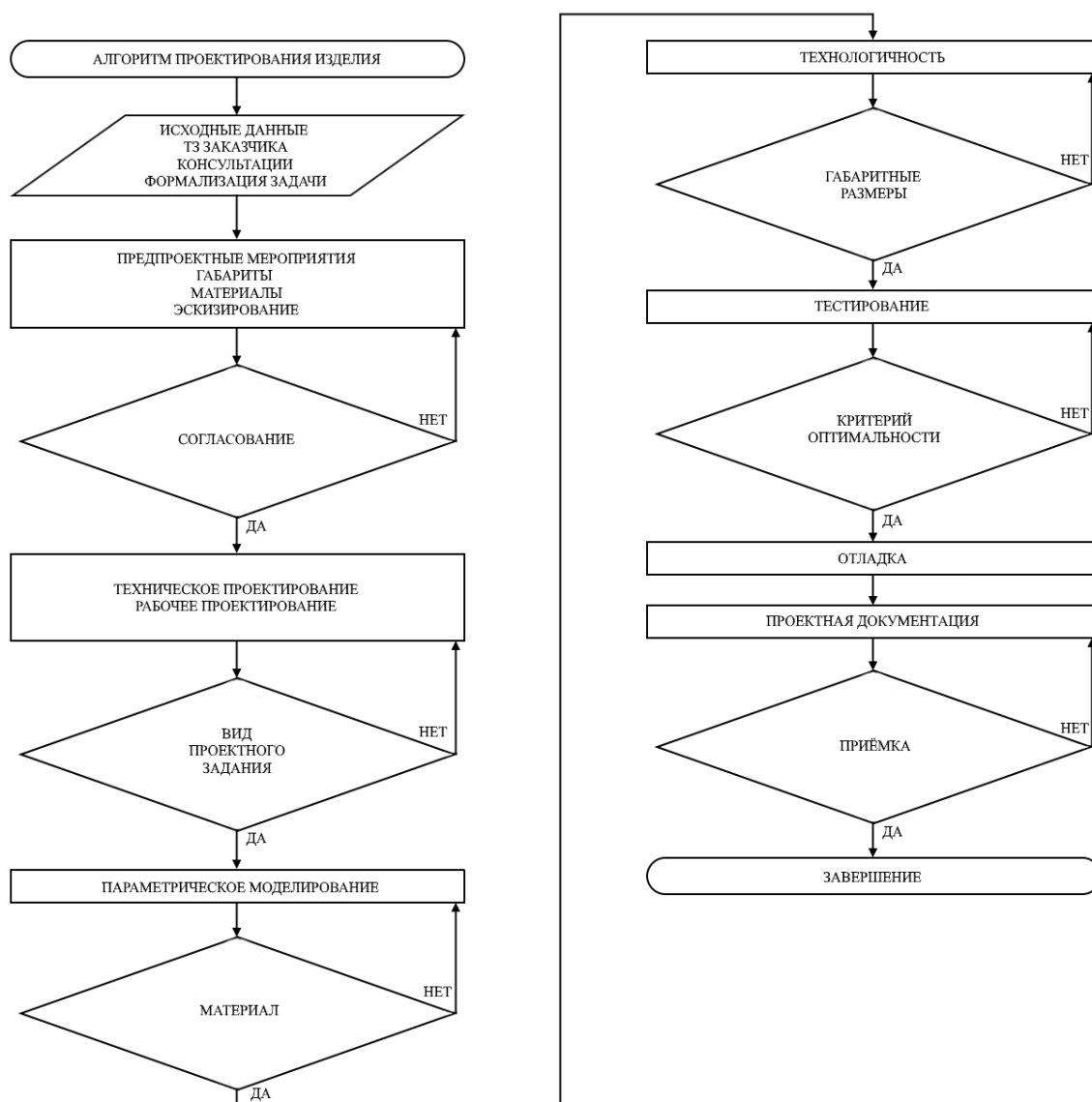


Рис. 1. Формализованная блок-схема алгоритма проектирования

В процессе проектирования вместе с расчетными процедурами, настроечными действиями, экспериментальными исследованиями рассматриваются процессы конструирования и параметрического моделирования. Конструирование на сегодняшнем этапе претерпело кардинальные изменения – и воплощается в виде образа создаваемого объекта в формате компьютерного моделирования. Эти модели, изображения, схемы являются прообразом, аналогом проектируемого объекта. Сюда можно отнести любые направления проектирования – строительные конструкции, конструирование машин и

механизмов, металлоконструкции, технологические операции, информационные системы, элементная база электрических схем, радиоэлектронные средства и т. п. Приведем варианты решения проектных заданий.

При разработке программного обеспечения по расчету мощности и выбору типоразмера двигателя для соответствующей технологической установки сбор информации и подход формализации позволили выделить в отрасли типовые технологии и сформировать алгоритм функционирования программного комплекса с обучающим фрагментом (рис. 2).

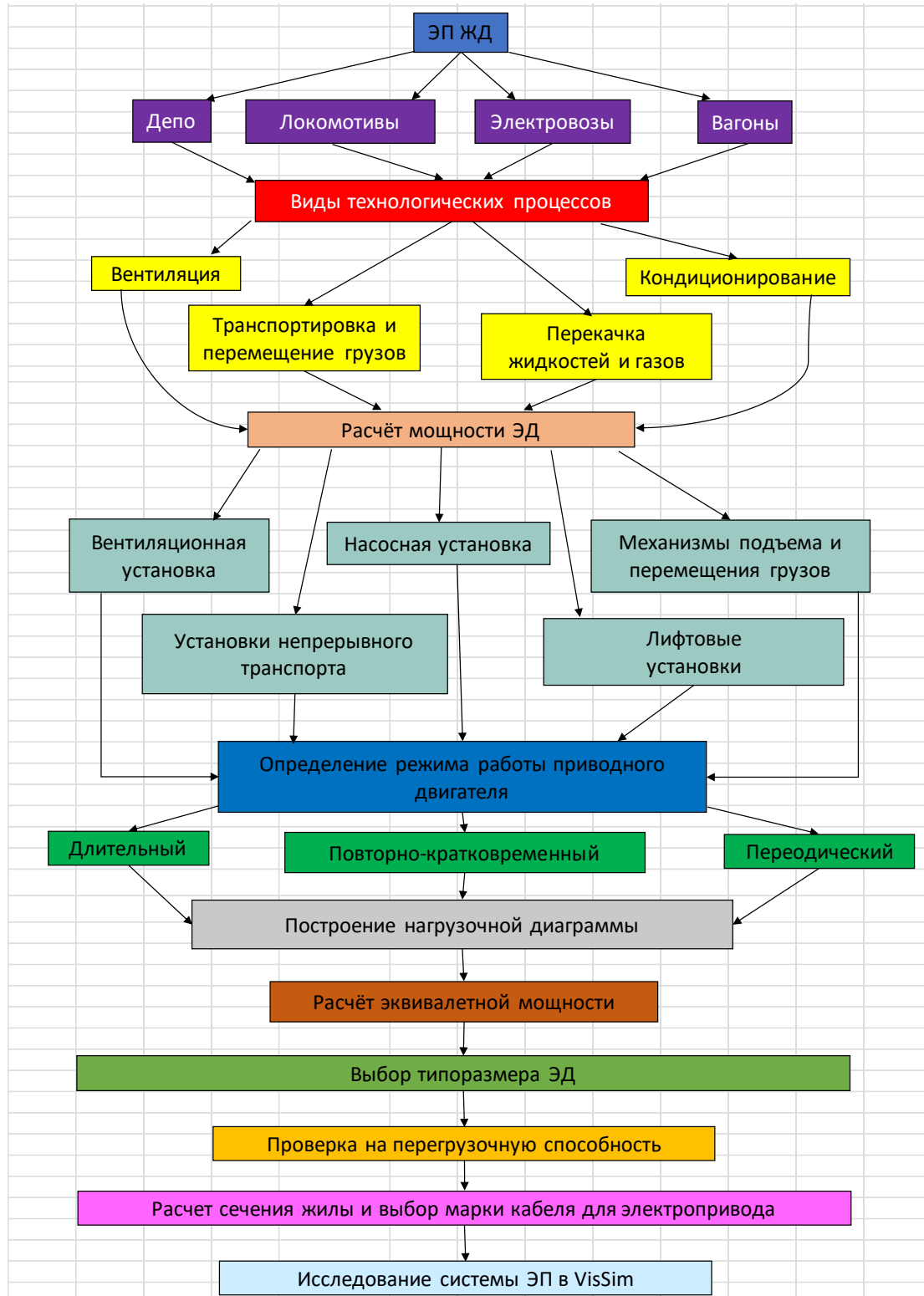


Рис. 2. Блок-схема алгоритма программного модуля по расчету мощности и выбору типа электродвигателя

Алгоритмы проектирования могут совпадать в основных чертах и различаться в содержании отдельных этапов. Достаточно много технологий в электротехнике, теплотехнике, механике, гидравлике и иных областях техники в оптимизационных задачах имеют всего один критерий оптимальности. При этом формулировка целевой функции (целевая функция – это количественный показатель предпочтительности или эффективности выбранного решения) определяет оптимальный путь этапов проектирования и получение конечного результата.

При решении многокритериальных задач в союзе с эрудицией, опытом и компетенциями разработчика используется и компьютерная мощь, обеспечивающая быстрое формирование альтернативных вариантов решения [3, 6]. Формализация процесса принятия решения на основе обобщения и упорядочивания критериев по рангу важности выполняется на основе диалога конструктора с компьютером. При этом для определения наилучшего варианта разработчику приходится решать задачи структурной и параметрической оптимизации (например, проектирование устройств связи, приема и передачи информации) [7, 8]. В этом случае используется ранжируемый формат оптимизации в режиме диалога. И на любом этапе процесса решения задачи разработчик может изменить, параметры, метод решения, математическое описание задачи, материалы, схемные реализации и т. д. Эффективные пакеты прикладных программ, сценарии диалога, эвристических и точных алгоритмов проектирования с учетом фактора неопределенности необходимо разрабатывать, создавать и повсеместно внедрять в качестве одного из важных инструментов проектировщика. В проектную деятельность следует активно внедрять и использовать дополненную реальность, виртуальную реальность, искусственный интеллект.

Существенную помощь в проектировании изделия, продукта любого вида оказывают специализированные программное обеспечение – САПР. Для операций проектирования использует векторную графику в целях изображения объектов. При этом используется подход ранжирования критериев. В случае проектирования объекта с несколькими варьируемыми параметрами имеют место многокритериальные задачи. Такое множество недоминируемых решений также известно как множество Парето. Задача отыскания множества Парето в случае двух критериев вида $F_1(x) - \min$ и $F_2(x) \min$ [1, 3, 6].

В качестве примера можно привести процесс создания элемента измерительной системы с определенными свойствами, необходимыми для использования его в корреляционно-спектральном анализаторе. Разностное уравнение для четного полосового фильтра второго порядка, полученное по методу Z-преобразования [9], имеет вид: m, da, g, d – параметры варьирования, Q – добротность, N_p – отсчеты. Изменяя параметры варьирования, удается получить полосовой фильтр с минимальной фазовой характеристикой и малой добротностью.

$$z_1[n] = \frac{dm2\pi g}{QN_p da} y[n] - e^{-\frac{\pi mda}{N_p g Q}} \left[\frac{2\pi dm^2 g}{N_p da Q \sqrt{4Q^2 - m^2}} \sin\left(\frac{\pi}{QN_p} \sqrt{4Q^2 - m^2}\right) + \frac{dm2\pi g}{QN_p da} \cos\left(\frac{\pi}{QN} \sqrt{4Q^2 - m^2}\right) - \frac{4\pi C Q g}{N_p da \sqrt{4Q^2 - m^2}} \sin\left(\frac{\pi}{QN_p} \sqrt{4Q^2 - m^2}\right) \right] y[n-1] + 2e^{-\frac{\pi mda}{NQg}} \cos\left(\frac{\pi}{QN_p} \sqrt{4Q^2 - m^2}\right) z_1[n-1] - e^{-\frac{2\pi mda}{N_p Qg}} z_1[n-2],$$

В техническом задании на свойства полосового фильтра накладываются определенные ограничения, при этом необходимо обеспечить создание фильтра с определенными фазовыми свойствами при минимальной добротности – это пример многокритериальной задачи [2, 7, 8].

Приведенные примеры проектирования программного продукта [2, 5,], элемента измерительной системы с заданными свойствами [7] показывает применение принципов системного подхода, сбора информации, формализации, алгоритмизации, моделирования. Алгоритм проектирования поможет оптимизировать путь реализации тех или иных этапов создания изделия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Математические методы и модели исследования операций: учебник / под ред. В. А. Колемаева. М.: Юнити-Дана, 2015. - 92 с.
2. Буштрук Т. Н., Царыгин М. В., Буштрук А. А. Компьютерный обучающий комплекс для персонала предприятий вагонного хозяйства с мультимедийными базами данных Известия Самарского научного центра РАН. – Самара: 2014. – Том 16, № 4. – С. 465-470.
3. Ногин В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002, 2005, 176 с.
4. Бушпрук Т. Н. Двухэтапная идентификация нелинейных объектов и процессов в адаптивных системах управления //Вестник транспорта Поволжья: научно-технич. журнал. – Самара: СамГУПС, 2019. – Вып. № 1 (73). – С. 72-79.
5. Буштрук Т. Н., Царыгин М. В., Кленюшин Д. С. Компьютерный обучающий комплекс для персонала предприятий вагонного хозяйства с модулем идентификации и прогнозирования временных рядов// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 4(224). С. 105-113.
6. Ногин В.Д. Множество и принцип Парето.– СПб: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2022, 2-е издание, исправленное и дополненное, 111 с.
7. Буштрук Т. Н., Буштрук А. Д. Методы идентификации объектов и процессов. М-во тр-та РФ; Самарская гос. акад. путей сообщ. – Самара: СамГАПС, - 2005. 150 с.
8. Буштрук А. Д., Буштрук Т. Н. Корреляционно-спектральный метод идентификации квазистационарных временных процессов.// А и Т. - 2005. - № 2. - С. 46 - 54.
9. Быков В.В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике, М.: Сов. радио, 1971. 328 с.

УДК 004

GPS СИСТЕМА ДЛЯ ТРАНСПОРТА

Дубцова Я.Р., Козлов В.В.

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. в данной статье описаны основы GPS-системы. Выявлены основные проблемы, которые она решает, а также представлены перспективы в развитии GPS-систем.

Ключевые слова: GPS-система, геоинформационная система, интеллектуально транспортные системы, система навигации.

GPS SYSTEM FOR TRANSPORT

Dubtsova Y.R., Kozlov V.V.

Samara, Samara State Technical University

Abstract. this article describes the basics of GPS-system. The main problems that it solves, as well as the prospects in the development of GPS-systems are identified.

Keywords: GPS-system, geoinformation system, intelligent transport systems, navigation system.

К снижению производительности приводят задержки из-за заторов на автомагистралях, дорогах и транспортных системах на дорогах по всему миру. Эти потери оцениваются в сотни миллиардов долларов ежегодно. Другие негативные последствия заторов включают: ущерб имуществу, травмы, повышенное загрязнение воздуха и неэффективный расход топлива.

GPS-система обеспечивает повышенную эффективность и безопасность для автомобилей, использующих дороги, и транзитных систем.

Многие проблемы, связанные с маршрутом и отправкой коммерческих транспортных средств, значительно сокращаются или полностью устраняются с помощью GPS.

То же самое относится к управлению системами общественного транспорта, бригадам по обслуживанию улиц и автомобилям скорой помощи.

Технология GPS, которая сегодня используется во всем мире, позволяет автоматически определять местоположение транспортных средств.

В сочетании с системами, которые могут отображать географическую информацию, или с системами, которые могут автоматически передавать данные на экраны или компьютеры, реализуется новое измерение в наземном транспорте.

Геоинформационная система (ГИС) хранит, обрабатывает и отображает географически привязанную информацию, предоставляемую в основном GPS. В дополнение к этому, ГИС также используется для мониторинга местоположения транспортных средств, что делает возможными стратегии, которые эффективны для обеспечения своевременной и своевременной доставки транспортных средств. [3]

Дополнительным преимуществом является повышение удовлетворенности клиентов, например, информирование пользователей общественного транспорта о точном времени прибытия. Системы общественного транспорта используют эту возможность для отслеживания автобусов, поездов, паромов и других общественных служб для улучшения своевременной работы.

С помощью GPS открывается множества возможностей:

1. Использование технологии GPS для мониторинга и прогнозирования движения грузов в логистике произвело революцию в области грузоперевозок, включая приложения, которые могут определять и указывать время доставки.

Грузовые компании используют GPS для отслеживания своих транспортных средств, чтобы гарантировать доставку и получение в обещанное время.

Когда поступает заказ на перевозку, диспетчер заданий через приложение может видеть, как на их экране появляется список транспортных средств, показывающий полный набор подробной информации о состоянии каждого из них. Если транспортное средство отстает от графика или повернуло не в ту сторону, может быть создан сигнал тревоги для отправки уведомления диспетчеру.

2. Многие правительства и штаты используют GPS для изучения своих дорожных систем. Используя навигационное оборудование с поддержкой GPS, они могут определять местоположение объектов, относящихся к дорожной сети. Эти функции могут включать повреждение асфальта или дорожного покрытия, въездных и выездных пандусов, станций технического обслуживания, служб технического обслуживания и аварийно-спасательных служб и так далее [1]. Эти обширные знания помогают транспортным агентствам снижать расходы на техническое обслуживание и обслуживание дорог, не говоря уже о безопасности автомобилистов.

3. Проводятся исследования для оповещения водителей о потенциальных опасных ситуациях, таких как дорожно-транспортные происшествия и нарушения. Проводятся дополнительные исследования для изучения возможностей автоматических систем безопасности, таких как предварительное разворачивание подушек безопасности.

Это исследование стало возможным благодаря GPS.

GPS является важным элементом в будущем ИТС (интеллектуальных транспортных систем). ИТС состоит из целого ряда информационных и электронных технологий, основанных на связи. В настоящее время проводятся исследования в области автоматизированных систем помощи водителю. Эти системы включают в себя выезд с дороги, а также системы предотвращения столкновений при смене полосы движения [2].

Высокоточный GPS необходим для определения местоположения транспортного средства относительно его полосы движения, а также края дороги.

По мере развития GPS мы можем ожидать еще более эффективных систем предотвращения аварий, оповещения о бедствиях и уведомления о местоположении, электронного картографирования и навигации в автомобиле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б.Б.Серапинас «Глобальные системы позиционирования» Источник: https://www.studmed.ru/view/serapinas-bb-globalnye-sistemy-pozicionirovaniya_8ada994d51c.html
2. Информационный портал «Интеллектуально транспортные системы» Электрон.данные. URL: <http://www.techportal.ru/review/security-on-transport/its/>
3. Информационный портал «Понятие ГИС» Электрон.данные. URL: <https://www.zwsoft.ru/stati/gis-cto-eto-takoe>

УДК 004.056.57

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

Каплан А.А., Козлов В.В.

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. Несмотря на то, что любое автотранспортное средство является источником повышенной опасности для жизни людей, уже долгое время авто является неотъемлемой частью нашей жизни. Развитие IT – сферы наложило сильный отпечаток и привело нас к открытию огромных перспектив для реализации революционных проектов в сфере автомобильной промышленности. Вопросы обеспечения комфорта и безопасности становятся всё более актуальными в связи с развитием используемых систем и технологий, которые лежат в основе. В статье проводится исследование информационной безопасности автомобиля, а также анализируется важность совершенствования уровня систем их информационной безопасности.

Ключевые слова: информационная безопасность, автомобиль, безопасность, кибербезопасность, программное обеспечение

STUDY OF THE INFORMATION SECURITY SYSTEM OF CARS

Kaplan A.A., Kozlov V.V.

Samara, Samara State Technical University

Abstract. Despite the fact that any motor vehicle is an increased risk to people's lives, it has been a part of our life for a long time. Development of IT - the scale of implementation is strongly marked and implemented by us to open up prospects for the implementation of revolutionary projects in the automotive industry. Issues of comfort and security are becoming more relevant as the information systems and technologies that underpin them evolve. The article carried out a study of car safety detection, and also analyzes cases of detection of cases of detection of their safety detection systems.

Keywords: information security, car, security, software, cybersecurity

В современном мире автомобилестроение развивается очень быстрыми темпами. Сегодня практически каждое транспортное средство содержит несколько десятков электронных блоков управления (ЭБУ), которые осуществляют руководство всеми электронными процессами, сбор, обработку информации и показателей механизмов во время работы. Можно сказать, что данные блоки контролируют всё, от оборудования для обеспечения безопасности до систем, предназначенных для развлекательных целей. Чтобы обеспечить работу машины среднего класса, требуется множество микропроцессоров, обрабатывающих десятки миллионов строк кода. ЭБУ обеспечивает связь между микроконтроллером, запускающим программное обеспечение (ПО), и различными составляющими автомобиля. ПО является логическим ядром систем и в совокупности с встроенной в авто электрикой и электроникой позволяет реализовать интеллектуальные функции.

В связи с высокой конкуренцией на рынке, каждый производитель стремится создать не просто красивое, быстрое и безопасное средство передвижения, но и легкоуправляемое, многофункциональное, умное. Параллельно с развитием интеллекта автомобиля возникают вопросы о информационной безопасности и надёжности внедряемых систем. Например, новый класс уязвимостей связан с коррективами в архитектурных решениях для экономии расхода энергии и оптимизации работы системы. Многие производители практикуют внедрение в микроконтроллеры транспортных средств функции, которая позволяет отключать не использовавшиеся активно ЭБУ для экономии энергии. В период отключения какого-либо блока он наиболее уязвим к воздействию извне. Помимо этого, очень распространено оснащение ЭБУ возможностью дистанционного обновления ПО (SOTA), что позволяет изменять программное обеспечение без посещения сервисной станции. Это крайне

удобная опция, которая облегчает жизнь потребителю, но в связи с её использованием возникает следующая проблема: хакеры, которые стремятся перехватить сигнал управления и использовать данные механизмы в своих корыстных целях, что может привести к плачевным последствиям, вплоть до летального исхода невинных людей.

В целях защиты подключенных автомобилей от дистанционных кибератак нужно обеспечить защиту каждого этапа передачи данных, используемых во время движения, а именно:

- Сетевой инфраструктуры машины (головная медиасистема, шлюзы и ЭБУ, сетевые модули);

- Инфраструктуры оператора мобильной сети;
- Серверной части инфраструктуры;
- Службы обеспечения комплексной безопасности транспортных средств (VSOC).

Гарантировать защиту этих секторов помогут такие технологические решения:

- Инкапсуляция критически важных компонентов авто в выделенную сеть;
- Брандмауэры для отслеживания трафика с ненадежных доменов, а также для идентификации приложений или устройств;

- Брандмауэры нового поколения (NGFWs) или унифицированные шлюзы управления угрозами (UTM), включающие в себя различные решения, объединенные в одном устройстве;

- Систем сетевой безопасности, которые исследуют трафик для обнаружения и предотвращения сетевых атак;

- Антивирусное программное обеспечение для бэкенда и компьютеров в составе VSOC;
- Антифишинговое ПО;
- Шифрование передаваемых данных, защищенные протоколы, уровни абстракции для криптографических хэш-функций;

- Своевременные и быстрые обновления и исправления ошибок;

- SIEM – программные продукты и сервисы, обеспечивающие анализ в режиме реального времени оповещений системы безопасности, генерируемых сетевым оборудованием, серверами, конечными точками и приложениями.

Перечисленные функциональные возможности впоследствии используются функциональными электронными блоками управления для защиты сообщения различных устройств с автомобилем и предотвращения несанкционированного доступа и использования. В связи с развитием коммуникационных возможностей авто, тенденцией к цифровизации и тем фактом, что наибольшую распространённость получает интернет вещей, можно предположить, что отрасль ПО будет играть одну из ключевых ролей и занимать немалую долю на рынке автомобильной кибербезопасности.

Вывод: по мере того, как увеличивается спектр интеллектуальных возможностей в современных транспортных средствах, у хакеров появляется больше возможностей взламывать их системы. Именно поэтому сегодня в процессе проектирования и разработки автотранспортного средства кибербезопасность является одной из ключевых составляющих. Для того, чтобы гарантировать потребителю защиту и снизить риски, необходим многогранный подход к вопросу безопасности, в том числе и информационной. Нужно охватывать все критические точки жизненного цикла данных и процесса их передачи. Важны как своевременные обновления системы и программных кодов, так и заинтересованность всех поставщиков, каждый из которых будет вносить вклад в создание комплекса решений для обеспечения сохранности данных подключенной автомобильной экосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационная безопасность автомобилей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения 20.12.2022).
2. Риски кибербезопасности для подключенных автомобилей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.itsec.ru/articles/riski-kiberbezopasnosti-dlya-podklyuchennyh-avtomobilej> (дата обращения 20.12.2022).

3. Защита автомобиля от кибератак: актуальность проблемы [Электронный ресурс]. URL: <https://naukatehnika.com/a-vash-umnyij-avtomobil-zashhishhen-ot-kiberatak.html> (дата обращения 20.12.2022).
4. Кибербезопасность подключённых автомобилей – настоящее и будущее [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/trendmicro/blog/590209/> (дата обращения 20.12.2022).
5. Кибербезопасность в автомобилестроении [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/macloud/blog/564054/> (дата обращения 20.12.2022).

УДК 004.042

ПРИНЦИП МОДЕЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ПРОБОК

Каплан А.А., Козлов В. В.

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. В крупных городах пробки являются серьёзной проблемой. Иногда из-за спонтанных дорожных заторов люди тратят целые часы жизни, а ведь время – самый ценный ресурс, который есть у человека. Благодаря развитию современных технологий открываются новые возможности для экономии времени, что очень упрощает жизнь. Именно поэтому уже давно водители оценили удобство встроенной навигационной системы с опцией моделирования пробок. В данной статье исследуется принцип работы сервисов, которые позволяют отследить актуальную информацию о загруженности дорог.

Ключевые слова: информационные технологии, обработка данных, моделирование, сервис, дорожные пробки.

PRINCIPLE OF TRAFFIC SIMULATION

Kaplan A.A., Kozlov Vyacheslav Vasilievich

Samara, Samara State Technical University

Abstract. In large cities, traffic jams are a serious problem. Sometimes, due to spontaneous traffic jams, people waste whole hours of their lives, and time is the most valuable resource that a person has. Thanks to the development of modern technologies, new opportunities for saving time are opening up, which greatly simplifies life. That is why drivers have long appreciated the convenience of the built-in navigation system with the option to simulate traffic jams. This article explores the principle of operation of services that allow you to track up-to-date information about traffic congestion.

Keywords: information technology, data processing, modeling, service, traffic jams.

Данные, на которых основывается работа картографических сервисов, условно можно разделить на два типа: статические и динамические. В сочетании они помогают выяснить, где образовывается дорожный затор и спроектировать его графическое представление на карте. Навигатор имеет на сервере базу знаний: расположение дорог, построек и прочих объектов на карте, информация о допустимом скоростном режиме и правилах проезда – всё это можно назвать статическими данными, ведь они не меняются ежесекундно. Динамические же данные не являются фиксированными и представляют собой информацию, которая постоянно меняется (координаты автомобилей и скорость их перемещения, известия о дорожно-транспортных происшествиях или ремонтных работах и т.д.). Именно этот тип данных лежит в основе наиболее удобной и полезной функции навигатора – показа пробок на дорогах. В наиболее крупных городах, где дорожные пробки являются серьёзной проблемой, алгоритмы рассчитывают балл пробок – относительный показатель среднего уровня загруженности на определённом участке дороги. Для этого сервис собирает из разных источников данные о загруженности улиц, анализирует их и отображает на экране устройства, окрашивая участки дороги на карте соответствующими цветами. Чтобы лучше понять, по какому именно принципу осуществляется каждый этап, рассмотрим на примере весь путь – от реальной дорожной ситуации до ее изображения в приложении. Рассмотрим принцип работы сервиса «Яндекс.Пробки», по аналогии с которым работают и другие

картографические приложения, например, «Google Maps», «2ГИС», «Навител Навигатор» и другие.

Для примера представим небольшое ДТП без жертв, которое перегородило движение одного из двух возможных рядов. Автомобилисты вынуждены объезжать аварию и перестраиваться в единственный свободный для движения ряд, создавая затор. Некоторые из водителей и пассажиров в получившейся дорожной пробке – пользователи различных приложений компании «Яндекс», например, «Яндекс.Карты», «Яндекс.Транспорт» или «Яндекс.Навигатор». При загрузке навигационного приложения на устройство происходит активация системы глобального позиционирования (GPS) и подключение к сети, затем пользователь автоматически отправляет данные на сервер навигационной системы. Соответственно, устройства пользователей вышеупомянутых приложений с определённым интервалом предоставляют данные о своих географических координатах, направлении и скорости движения компьютерной системе «Яндекс.Пробки». Логично, что по мере приближения авто этих пользователей к месту происшествия их скорость будет снижаться, что сразу фиксируется спутниками и передаётся в базу данных сервиса. Далее на основании этих данных определяется степень загруженности трафика и программой создаётся соответствующее цветовое отображение на экране. Чем больше участников дорожного движения, которые предоставляют данные сервису, перемещаются с одинаковой скоростью, тем точнее программа анализирует и строит маршрут движения с информацией о реальной интенсивности прохождения – трек. Треки поступают не только от частных водителей, но и от машин компаний-партнеров.

Но в связи с наличием шумов, ионосферной и тропосферной задержек сигналов и прочих причин GPS-приёмники допускают погрешности при определении координат, что затрудняет построение трека. Эта погрешность может сместить транспортное средство на карте до 5-6 метров в любую сторону, например, с проезжей части на ближайший жилой дом или с моста в водоём. Технология обработки треков заключается в том, что координаты, поступающие от пользователей, попадают на электронную схему города, на которой очень точно детализированы все объекты. В следствие сопоставления динамических данных со статической базой знаний программа понимает, как на самом деле двигалось транспортное средство. Чтобы корректно воссоздать картину загруженности дорог, алгоритмы приложения сравнивают скорости и траекторию рядом находящихся пользователей и «отсеивают» пешеходов, велосипедистов - всех тех, кто не влияет на реальную загруженность участка. После объединения проверенных треков алгоритм производит их анализ и выставляет соответствующие оценки участкам дорог. За определённый отрезок времени (около 1–2 минут) программа-агрегатор собирает, информацию, полученную от пользователей мобильных приложений «Яндекса» и объединяет её в одну схему, которую в дальнейшем мы можем наблюдать на слое «Пробки» навигационного приложения.

Сервис устроен таким образом, что информацию могут предоставлять не только разработчики, но и пользователи. Люди сами помогают друг другу объезжать пробки, сообщая сервису дополнительную информацию о событиях на дорогах, делая отметки и оценивая сообщения других пользователей на достоверность. Данные о трафике постоянно обновляются благодаря информации из различных источников, включая встроенные анонимные данные от людей, у которых есть включенные службы определения местоположения, и базы данных от сообщества. К сожалению, данные, отображаемые в картографических сервисах, не всегда достоверны, но, чем больше людей будут пользоваться навигационными приложениями одного разработчика, тем точнее и качественнее будут предоставляемые им данные. Это одна из основных причин, по которым каждая корпорация стремится к монополизации рынка. Для того, чтобы иметь преимущество перед другими, уже в ближайшем будущем ведущие компании-разработчики навигационных приложений прогнозируют внедрение систем дополненной реальности, несущие как игровой характер, так и информационный.

Моделирование дорожных пробок в стационарных условиях при наличии реальных данных [6, 7], дает возможность понимания поведения участков дороги при возникновении разных дорожно-транспортных ситуации.

Вывод: опция моделирования дорожных пробок - это чрезвычайно полезный инструмент, которым пользуются миллионы людей по всему миру. Он позволяет осуществлять мониторинг за картиной загруженности дорог в реальном времени, даёт возможность быстро ориентироваться в дорожной ситуации и выстраивать наиболее оптимальный маршрут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как работают Яндекс.Пробки [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/company/technologies/yaprobki/> (дата обращения 20.12.2022)
2. Как навигатор собирает информацию о пробках. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iphones.ru/iNotes/probki-v-navigatore-kak-eto-rabotaet-01-05-2020> (дата обращения 20.12.2022)
3. Электронные карты [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2013/11/26/yandex.html> (дата обращения 20.12.2022)
4. Картографические сервисы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nic.ru/info/blog/maps/> (дата обращения 20.12.2022)
5. Основные причины использования картографических сервисов [Электронный ресурс]. URL: <https://enterprise.arcgis.com/ru/server/latest/publish-services/windows/common-reasons-for-using-map-services.htm> (дата обращения 20.12.2022)
6. Козлов, В. В. Имитационная модель перекрёстка с возможностью регулирования движения / В. В. Козлов, В. В. Авсиевич, А. Ж. Баротов // Наука и образование транспорту. – 2016. – № 2. – С. 44-48. – EDN XIRWGD.
7. Балабашина, Ю. В. Интеллектуальное моделирование Т-образного перекрестка / Ю. В. Балабашина, В. В. Козлов, В. В. Авсиевич // Наука и образование транспорту. – 2016. – № 2. – С. 6-8. – EDN VAAMAR.

УДК 004.94

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ГРУЗОВОГО ДВОРА ЖД СТАНЦИИ

Кельчина А.А., Додонов М.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка модели для выбора более оптимального варианта путевого развития станций.

Ключевые слова: разработка, имитационная модель, погрузо-разгрузочные операции, грузовой двор, транспортные системы, жд, Anylogic.

DEVELOPMENT OF THE SIMULATION MODEL OF THE CARGO YARD OF THE RAILWAY STATION

Kelchina A.A., Dodonov M.V.

Samara. Samara State Transport University

Abstract. This article discusses the development of a model for choosing a more optimal option for the track development of stations.

Keywords: development, simulation model, loading and unloading operations, cargo yard, transport systems, railway, Anylogic.

Изучение транспортных систем с использованием имитационного моделирования является весьма важным, актуальным видом деятельности по оценке всех факторов воздействия на работу железнодорожной системы в условиях эксперимента без каких-либо угроз в реальности или неоправданных расходов [1].

При необходимости перевозки грузов на участках, не имеющих собственных подъездных путей, сооружают грузовые дворы. В них размещаются грузовые платформы. На них производят прием грузов, поступающих автомобильным транспортом, погрузку их через склады или непосредственно из автомобилей в вагоны, выгрузку грузов из вагонов и передачу их на автомобили. На грузовых дворах располагают разного назначения склады, вагонные и автомобильные весы, товарную контору и другие устройства, а также машины и механизмы, обеспечивающие механизацию и автоматизацию погрузочно-разгрузочных работ. В данной статье рассматривается задача разработки имитационной модели для оптимального варианта путевого развития станций с более удобной работой. Работа проводится с использованием методов синтеза и анализа, а также моделирования.

Планировка, размеры и конструкция грузовых дворов и планы их путевого содержания должны предусматриваться с учетом сохранности грузов, наиболее быстрой и экономичной погрузки и выгрузки, удобства движения автотранспорта и возможности погрузки и выгрузки грузов с минимальными затратами времени. Можно выделить два основных типа грузовых дворов: тупикового типа и сквозного типа.

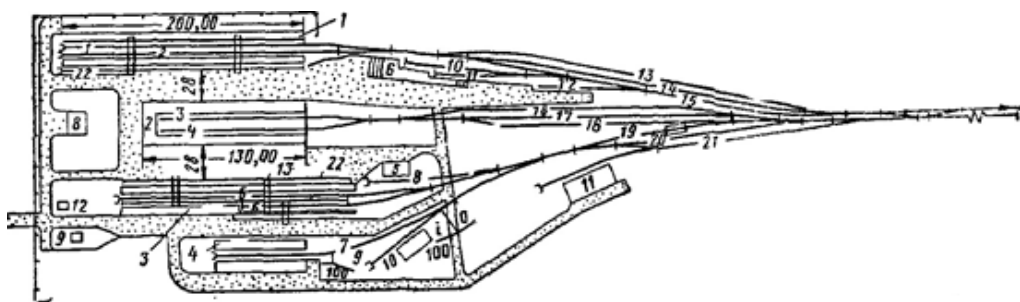


Рис. 1. Схема грузового двора тупикового типа

На грузовом дворе тупикового типа (рис. 1) расположены следующие грузовые устройства: контейнерная площадка, предназначенная для погрузки и выгрузки контейнеров, оборудованная портальными кранами; крытый склад 2 для штучных грузов с внутренним вводом путей; склад 3 для тяжеловесных грузов и лесоматериалов в пакетах, оборудованный козловыми кранами 13 повышенный путь 4 для различных сыпучих грузов, прибывших в полувагонах с открывающимися люками; склад 5 ценных или других специальных грузов; открытая платформа 6 для непосредственной погрузки и выгрузки своим ходом колесной техники. Крытый склад 10 для опасных грузов, и устройства 11 для погрузки скота, состоящие из загона и платформы, располагаются изолированно вдали от других складов [2].

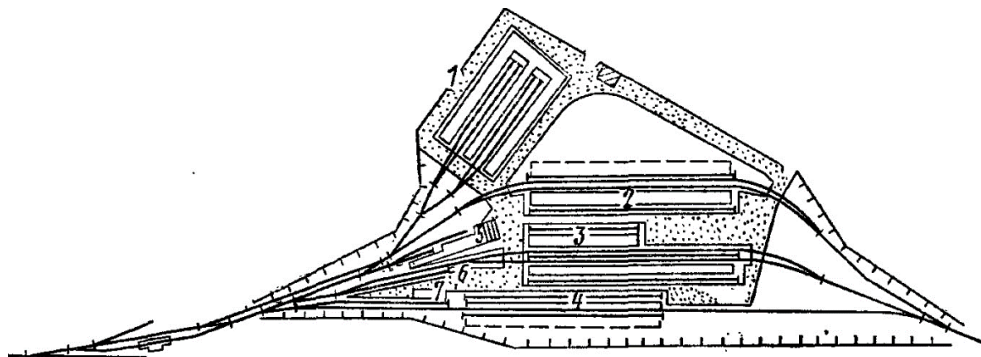


Рис. 2. Схема грузового двора сквозного типа

На рисунке 2 показана схема сквозного грузового двора, который имеет те же объекты, что и тупиковый грузовой двор: склад 1 для сыпучих грузов, контейнерный двор 2, двор 3 для тяжелых грузов, эстакадный путь 4, самоходная грузовая платформа 5, путь 6 для

прямой перегрузки вагонов [2]. На плане предусмотрены двусторонние выезды на станцию и сквозная погрузка грузовых автомобилей на большинстве складов.

В зависимости от специализации станции и основных грузопотоков перечень, количество и местоположение объектов грузового двора могут изменяться с учетом текущих потребностей. В зависимости от особенностей планировки и путевого развития грузового двора будет меняться время выполнения погрузо-разгрузочных и маневровых операций. Оценка нормативов времени на выполнение отдельных операций может быть выполнена за рамками имитационной модели, а агрегированные результаты должны учитываться при описании технологических процессов выгрузки и погрузки вагонов.

В настоящее время существует достаточно большое количество программ для создания имитационного моделирования. Мы выбрали достаточно распространённую систему российских разработчиков – Anylogic. AnyLogic – инструмент имитационного моделирования, предназначенный для проектирования и оптимизации бизнес-процессов или любых сложных систем, таких как производственный цех, аэропорт, госпиталь и т.д. Инструмент поддерживает все методы бизнес моделирования – системную динамику, дискретно-событийное (процессное) и агентное моделирование. Основной упор в разработке продукта сделан на его гибкость и простоту использования для неопытных в создании моделей пользователей [3].

Опыт использования AnyLogic показал высокую эффективность моделирования железнодорожных систем. Учитывая наличие ж/д библиотек в AnyLogic мы уже успешно использовали данный продукт для разработки имитационной модели парка прибытия четной системы станции Кинель [4].

В разрабатываемой имитационной модели путевая инфраструктура грузового парка состоит из двух путей подхода (railwayTrack1, railwayTrack2), трех погрузо-разгрузочных путей (railwayTrack3, railwayTrack4, railwayTrack5 и девяти стрелочных переводов (railwaySwitch1-2, railwaySwitch3-4, railwaySwitch5-6, railwaySwitch7-8, railwaySwitch9-10, railwaySwitch11-12, railwaySwitch13-14, railwaySwitch15-16, railwaySwitch17-18).

Для того, чтобы построить модель, необходимо задать логику. Она состоит из элементов (Delay, RailCar, Train, TrainSource, TrainDispose, TrainMoveTo, TrainCouple, TrainDecouple, TrainEnter, TrainExit, SelectOutput, Queue). Эти элементы изображены на рисунке 3 как логика последовательности действий в модели.

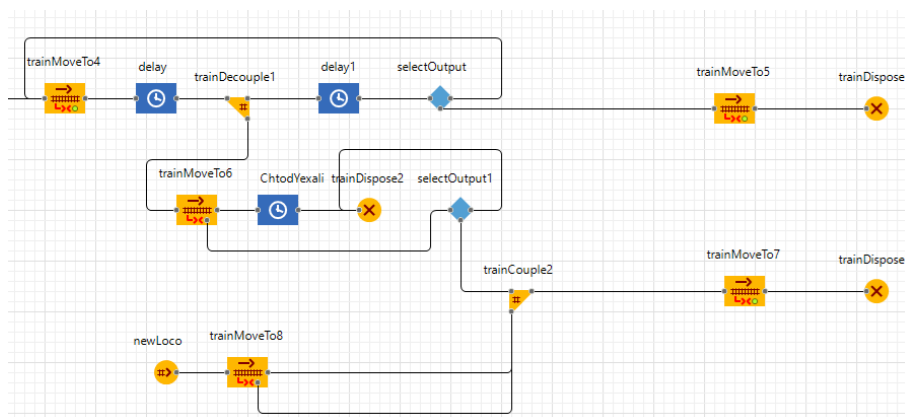


Рис. 3. Логика модели

У каждого из этих элементов задается свой набор свойств. Модель состоит из последовательных процессов – проследования состава через подъездные пути, прибытие состава на свободный путь для выгрузки или погрузки груза, закрепление состава, уборка маневрового локомотива, выполнения операций погрузки, выгрузки вагонов и т.д.

В Anylogic есть несколько способов для моделирования движения грузовых поездов. Направления поездов соответствуют времени между прибытием, расписанию прибытия в БД

и графику прибытия как таблицы. Агенты создаются не автоматически, а только при вызове функции. Данный подход позволит более точно описать транспортные потоки на конкретном грузовом дворе железнодорожной станции.

Заключение. Таким образом, разработав имитационную модель для различных вариантов планировки, конструкции, путевого развития грузового парка можно выбрать наиболее оптимальный вариант. Таким же образом можно изучить возможные изменения технических процессов грузовых дворов работы станции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жарков М.Л., Павидис М.М. Моделирование сортировочных станций железнодорожной сети методами теории массового обслуживания – 2021. – 8с.
2. Грузовые дворы. [Электронный ресурс]// Режим доступа: <http://scbist.com/wiki/12391-gruzovye-dvory.html>
3. Справка AnyLogic. [Электронный ресурс]// Режим доступа: <https://help.anylogic.ru>
4. Кельчина А.А., Додонов М.В., Разработка имитационной модели четного парка прибытия станции Кинель – 2022. – 2с.

УДК 62-523

РОЛЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Кинжалеева К.М., Козлов В.В.

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. Данная работа посвящена описанию роли программного обеспечения в электромобилях, его применению в современных автомобилях. Рассматриваются преимущества электромобилей, как программное обеспечение влияет на их работу. Дается оценка применению программного обеспечения.

Ключевые слова: Электромобили, программное обеспечение, использование программного обеспечения в электромобилях, модернизация современных автомобилей, преимущества электромобилей, развитие программного обеспечения.

THE ROLE OF ELECTRIC VEHICLES SOFTWARE

K.M. Kinzhaleeva, V.V.Kozlov

Samara, Samara State Technical University

Abstract. This work is devoted to describing the role of software in electric vehicles, its application in modern cars. The advantages of electric vehicles are considered, how software affects their operation. An assessment of the application of the software is given.

Keywords: Electric vehicles, software, use of software in electric vehicles, modernization of modern vehicles, advantages of electric vehicles, software development.

Водители самых первых автомобилей полностью зависели от собственных органов чувств. Им приходилось визуально определять правильность направления движения и скорость, по скрежету двигателя или тряске определяли неисправности. Но мир развивается, и в современных автомобилях водитель и пассажиры получили максимальную информационную свободу. В движении можно получить информацию о работе двигателя, воспользоваться интернетом, построить оптимальный маршрут по навигатору и даже смотреть фильмы.

В настоящее время с переходом на электроэнергию мы больше не рассматриваем автомобили как сложные промышленные вагоны с их механической основой. Мы видим их как часть технологий с определенным опытом и потенциалом – и это всё в большей степени определяется программным обеспечением. Более того, как и в случае с мобильными

телефонами, мы ожидаем, что наша электроника будет продолжать совершенствоваться с течением времени. Мы ждём обновлений программного обеспечения, исправлений безопасности, новых функций и итерационных улучшений. Этот менталитет теперь относится и к машинам, в частности к электромобилям.

В настоящее время рынок электромобилей растет. В начале февраля 2022 года были обнародованы данные Международного энергетического агентства, согласно которым в 2021 году в мире было продано около 6,75 млн электромобилей, что на 120 % больше, чем в 2020-м. А если говорить о Российском рынке, то с января по май 2022 года в нашей стране было продано 1119 новых электромобилей, что на 65 % больше, чем за аналогичный период прошлого года. И такой интерес к данному виду автомобилей не напрасен, ведь электромобили постоянно улучшаются, и у них есть ряд преимуществ перед обычными автомобилями:

1. Экономия денег на подзарядке. Люди, пользующиеся электромобилями, заряжают машины с помощью специальной станции или даже бытовой розетки. Цена 1 кВт намного ниже, чем 1 литр топлива.

2. Экологичность. Электромобили не выбрасывают в атмосферу загрязняющие вещества. Эти машины – это не только важный элемент борьбы с изменением климата, но и неотъемлемая часть более чистого и в целом более приятного будущего.

3. Меньшее техническое обслуживание, благодаря эффективному электродвигателю и простой конструкции, которая упрощает процесс эксплуатации. Электродвигатели имеют меньше деталей, что приводит к меньшему повреждению, чем у традиционных неэлектрических автомобилей.

4. Безопасность. Электромобили обладают большим количеством современных функций, которые обеспечивают водителю и пассажирам защиту и безопасность.

5. Простота в управлении и бесшумность. Электромобили не имеют передач и очень удобны в управлении. Также они работают очень тихо и уменьшают шумовое загрязнение, которому способствуют традиционные автомобили.

По мере того, как транспортные средства развиваются, мы наблюдаем, возможно, самый большой промышленный сдвиг нашего поколения. Если разработка транспортных средств когда-то была сосредоточена на механике, то теперь она сосредоточена на программном обеспечении.

Для начала нам нужно понять, что же вообще такое программное обеспечение. Программное обеспечение (ПО) – это данные и системы, используемые компьютером, чтобы сообщить ему, как работать. Преимущество использования программного обеспечения вместо механических систем заключается в том, что для обновления транспортного средства требуется просто обновление программного обеспечения, а не физическое изменение внутренних механизмов.

Рассмотрим, как именно ПО может быть применено в электромобилях:

1. Для проектирования автомобилей. ПО в данном случае управляет производительностью и обеспечивает его правильную работу. Оно будет контролировать аккумулятор, электродвигатели, тормоза, освещение, подогрев сидений и другие ключевые системы.

2. Для обслуживания. Как и автомобили с бензиновым двигателем, электромобили все еще нуждаются в техническом обслуживании. Для уведомления водителя о безопасности и состоянии транспортного средства, а также о необходимости технического обслуживания можно использовать программное обеспечение.

3. Для навигации. Этот тип программного обеспечения может определять маршруты поездок, местоположения точек зарядки, а также рассчитывать ваш маршрут на основе текущего заряда батареи, помогая избавиться от беспокойства по поводу зарядки, с которым сталкиваются многие водители электромобилей, особенно во время длительных поездок.

4. Для мониторинга. Для электромобилей необходимо иметь программное обеспечение для мониторинга, чтобы водитель мог быть уведомлен о возникновении проблемы с его

автомобилем. Это программное обеспечение будет постоянно контролировать транспортное средство и поможет выявить любые проблемы.

Исходя из этого всего, можно сделать вывод, что ПО играет жизненно важную роль в электромобилях, над ним нужно работать и его нужно модернизировать. Водители электромобилей будут требовать более плавного и простого управления, а будущее программное обеспечение должно быть направлено на устранение проблем, с которыми будут сталкиваться водители, и устранение предполагаемых недостатков. Также нужно подстраиваться к технологическим тенденциям, которые предполагают развитие функций, нацеленных на:

- Повышенную безопасность пассажиров;
- Улучшенное воздействие на окружающую среду;
- Наличие беспроводной зарядки;
- Улучшенный прогноз заряда машины;
- Удаленную диагностику и обслуживание и пр.

Как заявлял генеральный директор VW Group Герберт Дисс: «Если вы хотите оставаться конкурентоспособными на быстро меняющемся рынке, то придется полностью превратиться в «цифровую компанию». Говоря эту фразу, он имел в виду не просто производство электромобилей, а постоянное улучшение ПО, чтобы управлять машинами, как устройствами.

Электромобили, конечно, совсем иные в управлении, нежели их предшественники, работающие на топливе, однако с хорошим программным обеспечением, гарантировавшим эффективное и действенное управление машиной, они могут быть в разы лучше и практичнее, что делает их уникальными на нынешнем рынке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мировой рынок электромобилей // TAdviser: новостной портал. 2022. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Электромобили_\(мировой_рынок\)_\(дата_обращения:_11.12.2022\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Электромобили_(мировой_рынок)_(дата_обращения:_11.12.2022)).
2. Продажи электромобилей в РФ // Автостат: аналитическое агенство. 2022. URL: <https://www.autostat.ru/news/51884/> (дата обращения: 11.12.2022).
3. Какой автомобиль лучше: электрический или бензиновый // AVILON [сайт]. URL: <https://avilon.ru/articles/avtomobil-ili-electrocar/#title2> (дата обращения: 13.12.2022).
4. Информационные системы автомобиля // AUTOLEEK [сайт]. URL: <http://autoleek.ru/jelektrooborudovanie/informacionnye-sistemy/informacionnye-sistemy-avtomobilya.html> (дата обращения: 15.12.2022).
5. Электромобили: что это, какие есть, как работают // AUTONEWS [сайт]. URL: <https://www.autonews.ru/news/61fbed0b9a794700a566d375> (дата обращения: 16.12.2022).

УДК 62-522.7

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ ТОПЛИВА В ТОПЛИВНУЮ МАГИСТРАЛЬ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Любчик И.Д., Нестеренко И.С., Нестеренко Г.А.

Омск, Омский государственный технический университет

Аннотация. В данной работе рассматривается изменения некоторых элементов системы питания дизельным топливом двигателя ЯМЗ-236. Данная модернизация позволит обеспечить больший срок бесперебойной работы ДВС

Ключевые слова: топливный насос высокого давления, дизельное топливо, фильтр.

AUTOMATION OF THE PROCESS OF FUEL SUPPLY TO THE FUEL LINE OF A DIESEL ENGINE

Lyubchik I.D., Nesterenko I.S., Nesterenko G.A.

Omsk, Omsk State Technical University

Abstract. This paper discusses changes in some elements of the diesel fuel supply system for the YaMZ-236 engine. This modernization will ensure a longer period of uninterrupted operation of the internal combustion engine.

Keywords: high pressure fuel pump, diesel fuel, filter.

ЯМЗ-236/238 – семейство дизельных двигателей второго поколения для большегрузных автомобилей, автобусов, тракторов и спецтехники. Выпускаются Ярославским моторным заводом с 1958 года.

Если говорить о двигателях модели ЯМЗ, то они предназначаются для транспорта, который осуществляет перевозку тяжелых и габаритных грузов. Эти модели относятся к группе шести- и восьмицилиндровых двигателей внутреннего сгорания. Зачастую они могут дополняться механизмом турбированного наддува. Как правило, эти силовые агрегаты устанавливаются на автомобили таких марок, как «Урал», реже на КамАЗ. Часто ими комплектуют БТРы, а также различную строительную технику. Множество транспорта с данными силовыми агрегатами обеспечивает непрерывную работу и железнодорожной системы в России. В качестве примера можно рассмотреть бортовой Урал, у которого есть возможность вставить на рельсы и перемещать составы до 1000 тонн (рис. 1). Выпуском данных модификаций занимаются много фирм, одна из них фирма ROLT. Для выполнения своей функции в качестве локомотива Урал оборудован двумя железнодорожными сцепками – спереди и сзади для присоединения вагонов. Также примерно под кабиной и в районе задней сцепки установлены гидравлически опускающиеся катки для возможности передвижения по рельсам.



Рис. 1. Автомобиль УРАЛ с системой перемещения по рельсам

Работу двигателя осуществляют следующие системы: система смазки, система охлаждения, система питания двигателя воздухом, а также система питания двигателя топливом [1, 2].

Система питания двигателя топливом (рис. 2) состоит из: топливного бака, фильтра предварительной (грубой) очистки, топливоподкачивающего насоса, фильтра тонкой очистки, топливного насоса высокого давления, форсунок, топливопроводов низкого и высокого давления.

Особенностью конструкции элементов топливной аппаратуры является объединение в одном агрегате топливных насосов низкого и высокого давления, а также всережимного регулятора числа оборотов и автоматической муфты опережения впрыска топлива.

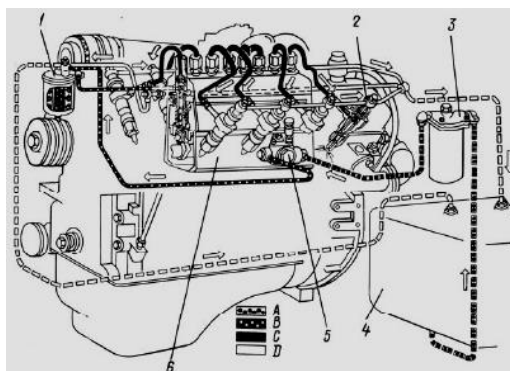


Рис. 2. Схема системы питания двигателя ЯМЗ-238

Так как силовая установка не новая, и давно изучена, все системы и их особенности известны, сделано много работы над ошибками, и теперь можно назвать их надежными. Но есть детали, узлы, и агрегаты, которые можно доработать, получив больше комфорта, и сэкономив достаточно большое количество времени на автоматизации простых, казалось бы, действий.

Топливный насос низкого давления поршневого типа предназначен для подачи топлива от бака через фильтр грубой и тонкой очистки к впускной полости насоса высокого давления. Главной задачей данного устройства становится функция подачи топлива к топливному насосу высокого давления. Как правило, подкачивающий насос установлен в корпусе ТНВД.

Топливный насос низкого давления используется абсолютно на всех машинах любого года выпуска и марки. Без него обойтись не получится, так как именно он выкачивает горючее из бака и подает его в остальную систему.

Используемая схема работы автомобильного насоса низкого давления предусматривает наличие 2 режимов работы:

- режим перед запуском (подготовки);
- автоматический режим (рабочий).

В автоматическом режиме работы количество подаваемого насосом топлива автоматически регулируется в зависимости от расхода его топливным насосом высокого давления, в результате изменения хода поршня насоса в зависимости от давления в системе нагнетания топлива.

Для ручного режима работы на топливном насосе низкого давления установлен аппарат ручной подкачки топлива для осуществления следующих целей: удаления воздуха при неработающем двигателе и для заполнения системы дизельным топливом при техническом обслуживании.

Насос работает по следующему принципу. Отвернув ручку с горловины, производится последовательное вытаскивание ее вверх до упора и обратное опускание вниз также до упора, и в таком роде происходят последующие действия. При вытягивании рукоятки вверх вместе с ней поднимается и поршень, а в цилиндре создается разрежение. В разреженное пространство цилиндра из топливного бака через фильтр грубой очистки и открывшийся всасывающий клапан под давлением доставляется топливо. При опускании рукоятки, а вместе с ней поршня вниз, топливо в цилиндре сжимается, и под действием возрастающего давления всасывающий клапан закрывается, следовательно, открывается нагнетательный клапан, через который топливо поступает в канал и далее по топливопроводу к фильтру тонкой очистки. Работа этого насоса происходит при неработающем двигателе. Чтобы полностью прокачать систему, на некоторых модификациях двигателей приходится делать порядка 1000 прокачиваний рукояткой насоса, что отнимает значительное время.

Основной задачей работы является: изучить и проанализировать возможна ли автоматизация данного процесса. В ходе проведенных исследований выяснилось, что

установка электронасоса вместо топливоподкачивающего насоса, который будет работать при включении так называемого ручного режима, поможет сократить потери времени на ручную подкачку топлива. Электронасосы подкачивающего типа ставились на топливные магистрали двигателей более позднего исполнения. А также подобные насосы ставятся на зарубежные грузовые автомобили с дизельными двигателями, например, Volvo, Iveco, MAN и другие.

Установка такого насоса не требует специальной подготовки, для этого отключается штатный топливоподкачивающий насос, магистраль от уже имеющегося фильтра грубой очистки направляется на электрический топливоподкачивающий насос, после чего топливопроводы подключаются к фильтру грубой очистки и непосредственно к ТНВД.

Принципиальная схема подключения может выглядеть следующим образом (рис. 3).

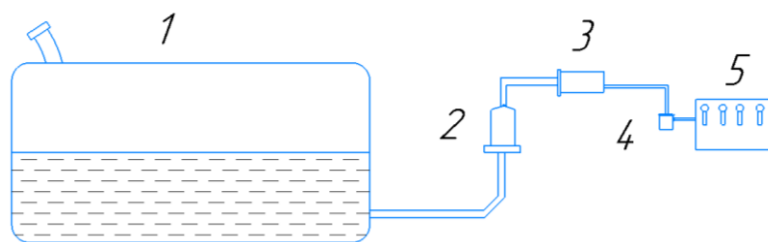


Рис. 3. Принципиальная схема подключения: 1 – топливный бак, 2 – топливный фильтр грубой очистки, 3 – электрический топливоподкачивающий насос, 4 – топливный фильтр тонкой очистки, 5 – ТНВД

Такая модернизация, поможет устранить подсос воздуха, и исключить его выход из строя. Стоимость данной модернизации будет варьироваться от 3000 до 5000 рублей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буралев Ю.В. Устройство, обслуживание и ремонт топливной аппаратуры автомобилей / Ю.В. Буралев, О.А. Мартиров, Е.В. Кленников // 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1987. – 288 с.
2. Шапран В.Н. Топливная аппаратура современных дизелей / В.Н. Шапран, А.Г. Картуков, А.В. Березняк // Грузовик. – 2012. – № 12. – С. 6–10.

УДК 656.254

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Надежкин В.А., Сарычева С.А., Чудаков Л.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. в статье рассмотрены ключевые задачи сетевых технологий, которые играют особую роль на железнодорожном транспорте, а также современные телекоммуникационные системы и сети, используемые в работе железнодорожной отрасли. Выявлены выполняемые функции инфотелекоммуникационного оборудования железнодорожной инфраструктуры и его непосредственного участия в технологическом процессе.

Ключевые слова: телекоммуникационные системы, железнодорожный транспорт, информационные технологии, технологический процесс, распространение информации, системы передачи данных, аппаратные средства.

APPLICATION OF INFOTELECOMMUNICATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES IN RAILWAY TRANSPORT

Nadezhkin V.A., Sarycheva S.A., Chudakov L.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. the article discusses the key tasks of network technologies that play a special role in railway transport, as well as modern telecommunication systems and networks used in the railway industry. The functions performed by the infotelecommunication equipment of the railway infrastructure and its direct participation in the technological process are revealed.

Keywords: telecommunication systems, railway transport, information technologies, technological process, information dissemination, data transmission systems, hardware.

Введение. Успешная эксплуатация железных дорог как крупной технологической системы напрямую связана с надежной и своевременной передачей данных и информации на большие расстояния. Поэтому роль информационно-коммуникационной системы (ИКС) имеет незаменимое значение для эксплуатации и функционирования железнодорожной отрасли. Учитывая, что модернизация железных дорог представляет собой непрерывный процесс, необходимо обеспечить постоянное техническое и технологическое развитие и применение новейших достижений в области информационно-коммуникационных систем.

Цель исследования заключается в рассмотрении особенностей телекоммуникационных систем и сетей при непосредственном их использовании в работе железнодорожного транспорта. Методы решения поставленной цели реализуемы за счет качественного анализа работы инфотелекоммуникационного оборудования в современных реалиях, а также четкого обоснования использования сетевых технологий в железнодорожной отрасли как эффективного инструмента повышения качества работы ОАО «РЖД».

Основные задачи, поставленные в ходе проведения исследования:

- выявление необходимости использования современных телекоммуникационных систем в работе железнодорожного транспорта;
- проведение анализа инфотелекоммуникационного оборудования, используемого в железнодорожной отрасли;
- подведение итогов использования современных систем в технологическом процессе.

Одной из главных задач железнодорожной отрасли считается качественное обеспечение перевозочного процесса грузов и пассажиров, а также удовлетворение потребностей последних. Основные виды деятельности холдинга ОАО «РЖД» представлены на рисунке 1.

Одна из самых масштабных сетей коммутации имеется у ОАО «РЖД». Сеть связи является действенным инструментом управления железнодорожной отраслью и систематизации непрерывно получаемых информационных данных о состоянии участков железных дорог. Переход на инфотелекоммуникационные системы и технологии позволяет повысить безопасность движения поездов, эффективность технологического процесса, а также качество и надежность передаваемой на различные расстояния пакетов данных.

Сетевые технологии становятся востребованным направлением, которое играет важную роль в работе железнодорожной отрасли [1]. Важная особенность современного сетевого оборудования в осуществлении безопасного технологического процесса на железнодорожном транспорте заключается в обеспечении бесперебойного соединения с целью непрерывной передачи информационных данных [2, 3]. Это и определение количества правильно функционирующих светофоров на участках железных дорог, отслеживание и непосредственный контроль за положением стрелок, а также обнаружение вышедших из строя телекоммуникационных оборудования.

Большие компании формируют собственные сети, используя глобальные и локальные сети. ОАО «РЖД» применяет сеть internet и является ведомственной сетью, так как использует WAN и LAN-технологии [4].

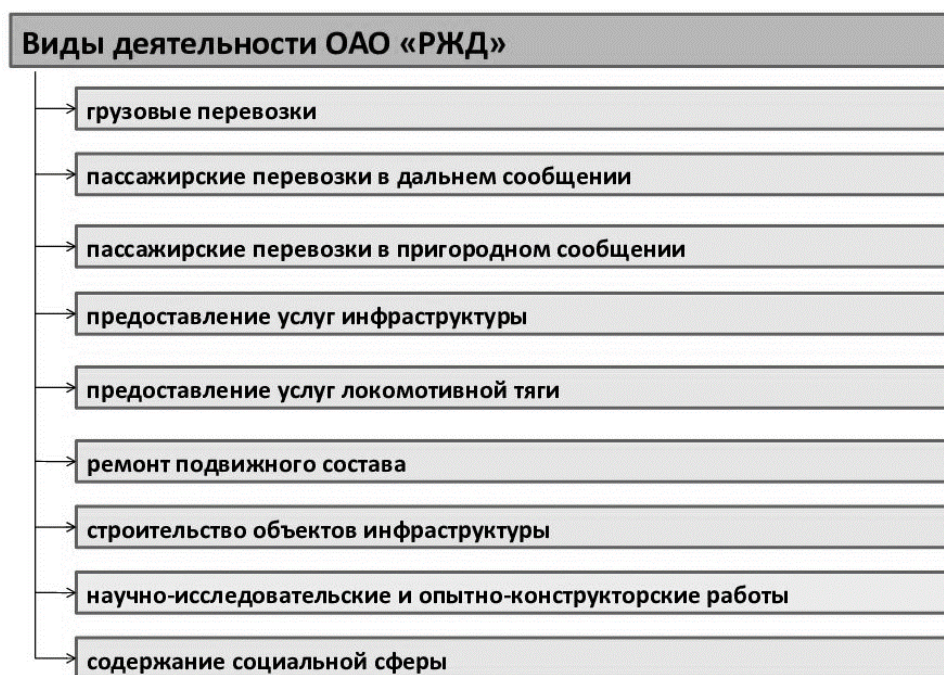


Рис. 1. Виды деятельности холдинга ОАО «РЖД»

Технологическое оборудование, которое применяется в ОАО «РЖД», на сегодняшний день не соответствует полноценным требованиям Стратегии цифровой трансформации, которая принята в реализацию сроком до 2025 года [5]. Наиболее используемым видом технологии обработки и передачи информационных данных является синхронная цифровая иерархия Synchronous Digital Hierarchy (SDH). Такой тип технологии обладает рядом недостатков: в связи с резервированием на случай отказа нерациональное пользование пропускной способности каналов связи, достаточно дорогое использование самой системы, большая затрата времени на вхождение в синхронизм. Именно поэтому в условиях современной экономики рациональнее использовать новые технологии передачи данных – Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM), Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) и Internet Protocol/Multiprotocol Label Switching (IP/MPLS), пропускная способность которых в значительной мере выше SDH.

Таким образом, использование телекоммуникационных сетей в работе железнодорожного транспорта позволяет передавать информацию с высокой надежностью, а также сформировать определенные условия для безопасного функционирования элементов железнодорожной инфраструктуры.

Вывод: Внедрение современных информационно-управляющих технологий на базе телекоммуникационной среды приводит к повышению качества управления перевозки грузов и пассажиров. Реализация модернизации и активного внедрения информационной инфраструктуры в работу железнодорожной отрасли позволит обеспечить безопасный и эффективный технологический процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубенко Кирилл Игоревич Применение телекоммуникационных технологий в сети связи ОАО «РЖД» // Современные инновации. 2019. №3 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-telekommunikatsionnyh-tehnologiy-v-seti-svyazi-oao-rzhd>
2. Сарычева, С. А. Цифровые сквозные технологии в условиях современной экономики / С. А. Сарычева, А. О. Кочетова, В. А. Надежкин // Актуальные проблемы развития экономических, финансовых и кредитных систем : сборник материалов X Международной научно-практической конференции, Белгород, 15 сентября 2022 года. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2022. – С. 407-410.

3. Канаев Андрей Константинович, Привалов Андрей Андреевич, Котов Владимир Кириллович, Лебединский Аркадий Константинович, Плеханов Павел Андреевич, Роевков Дмитрий Николаевич Телекоммуникационные системы и сети высокоскоростного железнодорожного транспорта // БРНИ. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/telekommunikatsionnye-sistemy-i-seti-vysokoskorostnogo-zheleznodorozhnogo-transporta>

4. Сарычева, С. А. Особенности Европейской системы управления железнодорожным движением (ERTMS) в развитии инновационной инфраструктуры / С. А. Сарычева, В. А. Надежкин, А. О. Кочетова // Тенденции развития логистики и управления цепями поставок : Сборник статей III Международной научно-практической конференции, Казань, 21–24 сентября 2022 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2022. – С. 133-138.

5. Надежкин, В. А. Цифровая трансформация в организации образовательного процесса высшего учебного заведения / В. А. Надежкин, С. А. Сарычева // Актуальные проблемы развития экономических, финансовых и кредитных систем : сборник материалов X Международной научно-практической конференции, Белгород, 15 сентября 2022 года. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2022. – С. 387-391. – EDN QOWSDA.

УДК 004.75

ВЫЯВЛЕНИЕ РИСКОВОГО ПОВЕДЕНИЯ РАБОТНИКОВ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Папировская Л.И., Липатова М.Н.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Рассматривается проблема оценки рискованного поведения персонала железных дорог. Предложено программное приложение по оценке склонности сотрудника к рискованному поведению.

Ключевые слова: Управление рисками, исследование склонности к риску, оценка персонала, субшкала, тестирование, программное приложение.

IDENTIFICATION OF RISKY BEHAVIOR OF RAILWAY WORKERS

Papirovskaya L.I., Lipatova M.N.

Ssamara, Samara State University of Railway Transport

Abstract. The problem of assessing the risk behavior of railway personnel is considered. A software application is proposed to assess the employee's propensity for risky behavior.

Keywords: Risk management, risk appetite research, personnel evaluation, subscale, testing, software application.

Управление рисками – учет и анализ отказов технических средств, нарушений технологических процессов, расследование неправильных действий человека, а также принятие и выполнение управленческих решений, направленных на снижение возникновения неблагоприятного результата, вызванного их реализацией. Принимаемые схемы управления рисками должны обеспечить максимальную защиту при минимальных издержках: затратах времени, финансовых и ресурсных расходов.

Процесс выявления рискованного поведения персонала железных дорог является частью системы управления рисками в ОАО «РЖД», которая строится на нормативной базе, концептуальных моделях управления рисками международного стандарта ISO 31000 «Менеджмент риска. Принципы и руководящие указания» и требованиях соответствующих положений Кодекса корпоративного управления.

Одним из направлений культуры безопасности является работа с персоналом железных дорог и его оценка. Оценка сотрудников позволяет выявить склонности человека к выбору безопасного или, наоборот, рискованного поведения на работе. Оценкой персонала в ОАО «РЖД» занимаются следующие структурные единицы: Служба управления персоналом железной дороги, Центр оценки, мониторинга персонала и молодежной политики железных дорог. Оценка корпоративных компетенций работников компании производится

профильными специалистами и руководителями соответствующих подразделений/предприятий при назначении и ротации их на должность, отборе кандидатов в единый кадровый резерв, определении направлений и форм обучения.

Инструментарии оценки, которые применяются к работникам соответствуют их должности, месту работы и участию в перевозочном процессе. Результаты оценки являются информацией, необходимой для более точного принятия кадровых решений по профессиональным компетенциям, личностному и профессиональному потенциалу (резерву), результативности деятельности и положительному опыту работы.

Результаты оценки носят конфиденциальный характер: данные хранятся в Единой корпоративной автоматизированной системе управления трудовыми ресурсами (ЕК АСУТР) и в базах данных результатов тестирования, доступ к которым определяется установленным в ОАО «РЖД» порядке. Для анализа этих данных была разработана программа, которая позволит выявлять риски, связанные с нарушениями трудовой дисциплины и режима работы персонала железных дорог; давать оценку психологическому состоянию работника; предлагать мероприятия по снижению влияния рисков на рабочий процесс.

Задачи программы: выявлять в работе три составляющие «человеческого фактора», которые обуславливают риск «человеческой ошибки»: 1) индивидуальные факторы, 2) организационные факторы и 3) факторы, связанные с конкретным рабочим заданием; проводить диагностику склонности к рискованному поведению; диагностировать стрессовые состояния работников в конкретных условиях труда.

Для оценки были выбраны тесты, в основу которых положены имеющиеся в службе управления персоналом классификаторы.

Классификатор нарушений трудовой дисциплины, которые могут совершать сотрудники, представлен на рисунке 1.

1. Нарушения, допущенные работниками ж.д. транспорта
 - 1.1. Нарушение трудовой дисциплины и режима работы
 - 1.1.1. Нарушение режима допуска к работе
 - 1.1.1.1. Нет документа на право выполнения работы
 - 1.1.1.2. Просрочена медкомиссия
 - 1.1.1.3. Прочие нарушения режима допуска к работе
 - 1.1.2. Нарушение режима работы
 - 1.1.2.1. Болезненное состояние работника
 - 1.1.2.2. Нарушение допустимой продолжительности работы
 - 1.1.2.3. Неудовлетворительные условия труда
 - 1.1.2.4. Прочие нарушения режима работы
 - 1.1.2.5. Усталость
 - 1.1.3. Нарушение трудовой дисциплины
 - 1.1.3.1. Невыполнение прямого указания руководителя
 - 1.1.3.2. Отсутствие на рабочем месте
 - 1.1.3.3. Прочие нарушения трудовой дисциплины
 - 1.1.3.4. Работник в нетрезвом или наркотическом состоянии
 - 1.1.3.5. Сон на рабочем месте
 - 1.2. Неподготовленность работника к выполнению служебных обязанностей
 - 1.2.1. Неподготовленность работника
 - 1.2.1.1. Незнание приказов и указаний ОАО РЖД
 - 1.2.1.2. Незнание прочих документов
 - 1.2.1.3. Незнание работником нормируемых параметров
 - 1.2.1.4. Незнание работником технологии работы
 - 1.2.1.5. Незнание ПТЭ и инструкций
 - 1.2.1.6. Техническая безграмотность работника
 - 1.3. Неудовлетворительная работа руководящего состава
 - 1.3.1. Неудовлетворительная работа руководящего состава
 - 1.3.1.1. Необеспечение режима труда и отдыха работников
 - 1.3.1.2. Необеспеченность трудовой и производственной дисциплины
 - 1.3.1.3. Неправильный подбор и расстановка кадров
 - 1.3.1.4. Неудовлетворительная организация подготовки кадров
 - 1.3.1.5. Невыполнение личных нормативов
 - 1.3.1.6. Прочие упущения руководящего состава
 - 1.3.1.7. Выдача непосредственного указания, нарушающего безопасность

Рис. 1. Классификатор нарушений, допускаемых работниками железнодорожного транспорта

Диагностика позволяет определить склонность человека следовать правилам охраны труда, а также психологические особенности личности (импульсивность, подверженность стрессу, невнимательность, недостаточное развитие умений планирования собственной деятельности), которые могут привести человека к осозанным или неосозанным действиям, в т.ч. и опасным. Оценка проводится программой, которая предлагает тестируемому человеку ответить на вопросы по основной базовой «Шкале 1» или по всем пяти шкалам [1].

Тестируемый выбирает утверждение в каждом вопросе, которое характеризует насколько он согласен по 5-бальной шкале: 1 означает "Категорически не согласен", а 5 – "Однозначно согласен".

«Шкала 1» – «Особенности безопасного поведения в индивидуальной работе» характеризует то, насколько человек в целом склонен вести себя безопасно и придерживаться правил ОТ.

Базовая шкала состоит из нескольких «субшкал»:

«Субшкала 1.1» – «Дисциплинированность в соблюдении правил ОТ»

«Субшкала 1.2» – «Стрессоустойчивость в соблюдении правил ОТ»

«Субшкала 1.3» – «Самоконтроль и склонность человека к планированию и рефлексивной оценке своего труда в индивидуальной работе»

«Субшкала 1.4» – «Свойства внимания человека в соблюдении правил ОТ»

«Субшкала 1.5» – «Импульсивность в соблюдении правил ОТ»

«Субшкала 1.6» – «Устойчивость человека к монотонности в работе»

«Шкала 2» – «Отношение к правилам ОТ в условиях групповой работы» оценивает то, насколько изменяется поведение человека и отношение к соблюдению правил ОТ в собственной работе в условиях работы в группе.

«Шкала 3» – «Готовность выполнять требования по ОТ непосредственного руководителя» оценивает то, насколько человек готов подчиняться требованиям вести себя безопасно, исходящих от непосредственного руководителя, несмотря на распространенные негативные факторы (неэффективный стиль общения руководителя, его собственный негативный пример, недостаточную эффективность руководителя в мотивировании подчиненных работать безопасно и т.д.).

«Шкала 4» – «Отношение к социальным требованиям и правилам» измеряет то, насколько человек готов подчиняться требованиям и правилам общества в целом. Формирование этих установок происходит достаточно рано - в подростковом и юношеском возрасте – и в дальнейшем влияет на развитие более конкретных установок, в том числе, готовность или неготовность человека следовать правилам ОТ на работе. Как правило, если человек в целом не склонен подчиняться правилам и требованиям общества – он не будет неукоснительно придерживаться правил ОТ на работе, будет относиться к ним формально.

«Шкала 5» – «Отношение к риску» оценивает потребность человека в риске, поиске «адреналина» в жизни в целом. Человек с высоким интеллектом, высокими показателями самоорганизации, самоконтроля, способности к планированию собственных действий может перенаправить собственную склонность к риску в определенное «русло», которое находится за пределами работы – переживать «острые» ощущения в экстремальных видах спорта и опасных развлечениях. И при этом – успешно контролировать соблюдение правил ОТ в своей работе. Но, как правило, люди с высокими показателями по этой шкале более склонны нарушать правила ОТ, чем люди – с низкими.

Анализ результатов проводится автоматической программой с помощью подсчета баллов по каждой шкале и специалистом-психологом. Для представления результатов диагностики важно знать не только средний балл по каждому критерию оценки, но и особенности сочетания оценок по разным «субшкалам». По каждому человеку, прошедшему тестирование, составляются отчеты. В отчетах даются рекомендации: как для руководителя – для коррекции "слабых сторон" подчиненного, так и для самого тестируемого – для развития способностей к самоорганизации и самоконтроля собственных действий.

В результате следует выявить три составляющие «человеческого фактора», которые обуславливают риск «человеческой ошибки»: 1) индивидуальные особенности, 2) организационные и управляющие воздействия и 3) факторы, связанные с конкретным заданием; провести диагностику склонности человека к рискованному поведению; диагностировать стрессовые состояния работников при определенных условиях труда; выявить и устранить управляющие факторы и факторы рабочего задания, подталкивающие работника к ошибке; предпринять действия для преодоления «человеческих рисков» на производстве.

На данный момент времени опросы являются наиболее широко применяемыми методами исследования, позволяющие собрать, проанализировать и оценить субъективные представления личности о риске, получить достаточно полную и целостную информации о различных сторонах и свойствах индивида.

Текст опросника, помещенный в программу тестирования, имеет 20 вопросов, на которые надо ответить либо «да», либо «нет». На вопросы необходимо отвечать быстро, не задумываясь. Ответ, который первый приходит в голову, и является наиболее точным. Вопросы данного теста дают возможность оценивать способности человека на противодействия рискам, связанным с опасностью для жизни. Для оценки склонности к риску был применен опросник «Исследование склонности к риску» А.Г. Шмелёва [2] – российского психолога, специалиста в области экспериментальной психосемантики, психодиагностики и психометрии. Данная методика позволяет исследовать такую черту характера человека, как склонность к рискованным действиям, и имеет значение в том случае, когда необходимо сделать психологический прогноз процесса принятия решения в ситуации неопределенности.

При изучении склонности к риску и оценки уровня потребности личности в новых ощущениях различного рода используют методику «Самооценка склонности к экстремально-рискованному поведению» М. Цукерман [3]. Эту методику связывают со склонностью к эмоциональному риску, асоциальному поведению.

На рисунках 2, 3 представлены экранные формы программы оценки персонала ОАО «РЖД» для выявления рискованного поведения

Рис. 2. Окно прохождения тестирования в режиме «Сотрудник»

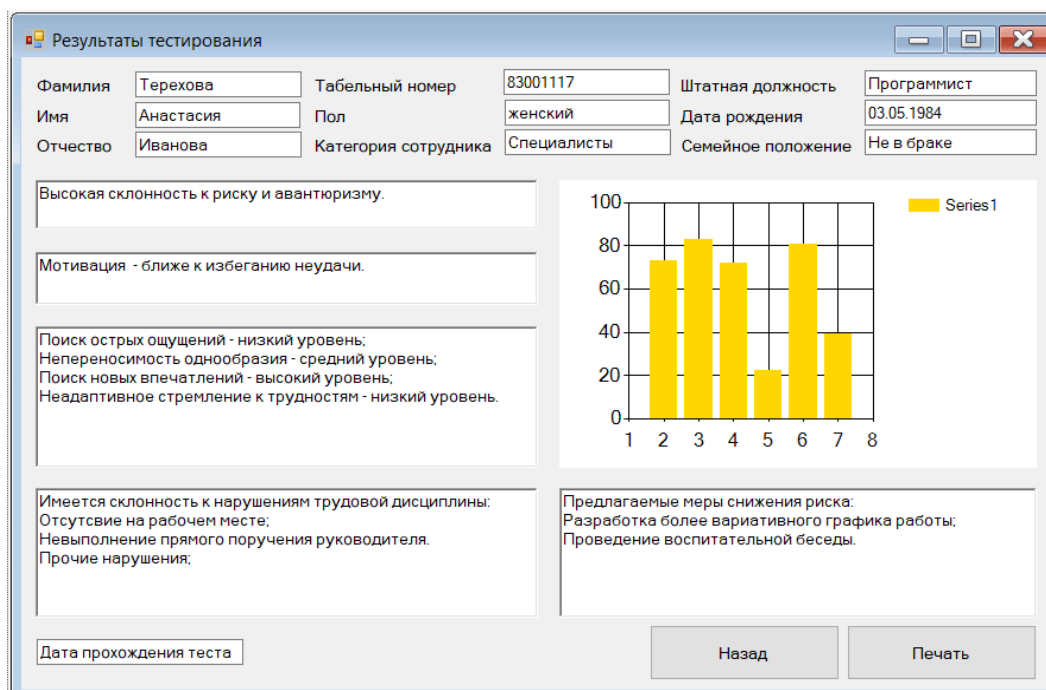


Рис. 3. Окно просмотра результатов тестирования «Сотрудника» в режиме «Руководитель»

В результате данное программное приложение может оценить склонность сотрудника к рисковому поведению, позволит руководителю отдела или подразделения грамотно распределять нагрузку на сотрудников и способствует развитию культуры безопасности на предприятиях ОАО "РЖД".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диагностика склонности работников к риску. <https://www.yamnuskasafety.com/risk-behavior> (дата обращения 12.12.2022)
2. А.Г. Шмелёв Исследование склонности к риску. https://gymn14.ucoz.ru/News/5-metodika_a-g-shmeleva.pdf (дата обращения 11.01.2023)
3. М. Цукерман Самооценка склонности к экстремально-рискованному поведению. <https://pandia.ru/text/80/450/83637.php> (дата обращения 10.12.2022)

УДК 004.418

РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА «ГОЛОС ЭКСПЕРТА»

Печорин А.С., Каменнов П.Г., Гаранов И.А., Первов А.П., Авсиевич В.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье рассматривается принцип работы front-end части веб-приложения, для проведения голосований.

Ключевые слова: Веб-сервис, веб-приложение, React.

WEB SERVICE DEVELOPMENT «THE VOICE OF AN EXPERT»

Ssamara, Samara State University of Railway Transport

Pechorin A.S., Kamennov P.G., Garanov I.A., Pervov A.P., Avsievich V.V.

Abstract. The article discusses the principle of operation of the front-end part of the application for voting.

Keywords: Web service, Web application, React.

Компания ОАО «РЖД» является одной из крупнейших компаний Российской Федерации. На 2021 год в компании трудилось около 700 тысяч сотрудников. Ежегодно, ОАО «РЖД» проводит огромное количество мероприятий разного масштаба и направленности. Множество мероприятий сопровождаются конкурсами, на которых, эксперты оценивают представленные проекты. На сегодняшний день, в компании не имеется единой системы проведения и оценки представляемых проектов на мероприятиях. В связи с этим, на каждом отдельном мероприятии, голосование оценка проводится на как на разных сервисах, так и носителях. В первую очередь, это усложняет работу организаторов мероприятия, так как предварительно нужно выбрать систему голосования, после ознакомить всех членов жюри с работой данной системы, зарегистрировать их, и в процессе работы обеспечивать своевременной помощью. В случае с бумажными носителями, члены жюри могут упустить важную информацию, например, о названии проекта, выступающем, или информацию о критериях. При этом сложности не заканчиваются, так как после проведения голосования баллы необходимо сосчитать, где, конечно же, присутствует человеческий фактор.

Перед началом проектирования и разработки веб-сервиса был проведён сравнительный анализ уже существующих программ. Зачастую, все системы обладают ограниченным бесплатным функционалом и имеют систему подписки, с разными условиями доступа. В среднем, цена на оформление месячной подписки составляет около двух тысяч рублей. Функционал зачастую ограничен даже в платных подписках, и не соответствует формату проведения мероприятий в компании. Полностью бесплатные аналоги, вроде Яндекс.Взгляд вовсе не предоставляют возможности установки специализированных критериев и настроек.

В данной статье рассматривается разработка front-end части веб сервиса «Голос эксперта», по проведению голосования на мероприятиях ОАО «РЖД». В первую очередь, необходимо определить критерии разработки front-end части и дизайна, чтобы достичь оптимального результата. Главными критериями будут:

1. Удобство использования.
2. Дизайн, разработанный в соответствии с бренд-буком ОАО «РЖД».
3. Адаптивный дизайн(автоматическое подстраивание приложения под разные размеры экрана).
4. Система сохранения авторизации.
5. Анимации, не перегружающие устройство.

В соответствии с данными параметрами, разработан дизайн приложения, представленный на рисунке 1. Далее, приложение подразделяется на несколько армов, UML диаграммы которых представлены на рисунках 2 и 3. Разработка front-end приложения велась при помощи HTML, CSS, JavaScript и фреймворка React.js.

Приложение оформлено в соответствии с бренд-буком компании, в фирменных красных и серых тональностях. Главными параметрами при разработке дизайна были: минималистичность, простота, удобство и доступность. Важно, чтобы использование приложение было комфортным, и интуитивно понятным для пользователей всех возрастов.

Приложение в арме администратора содержит следующие страницы:

1. Авторизация.
2. Мероприятия.
3. Редактирование мероприятия.
4. Просмотр мероприятия.
5. Отчёт.

Так же, в приложении существуют несколько модальных окон:

1. Создание мероприятия.
2. Добавление проекта.
3. Регистрация члена жюри.
4. Установка критерия.

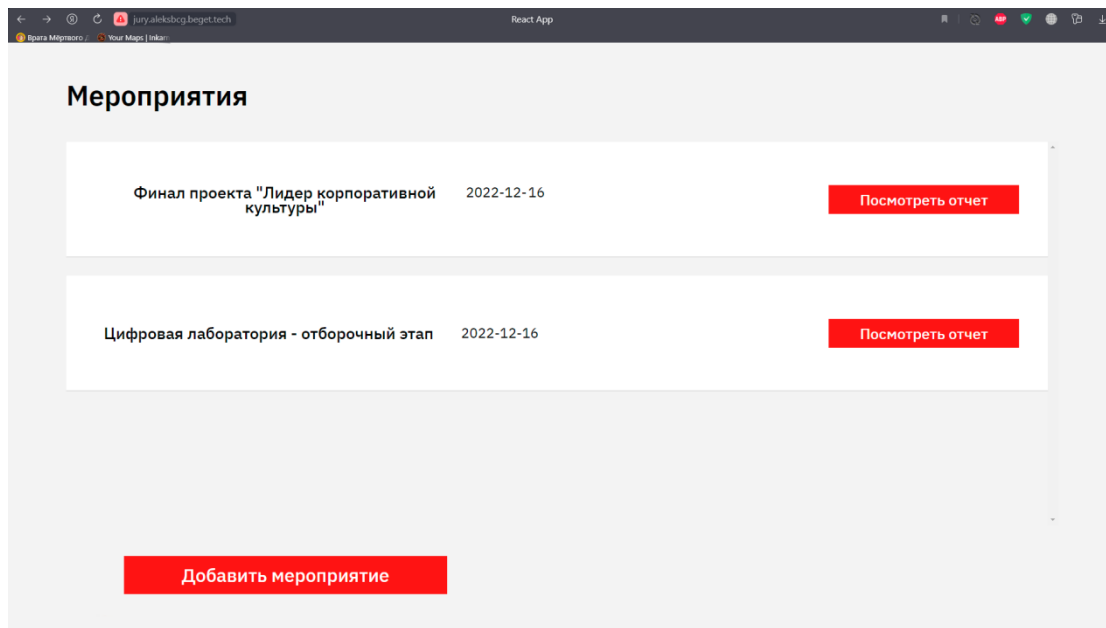


Рис. 1. Пример дизайна веб приложения

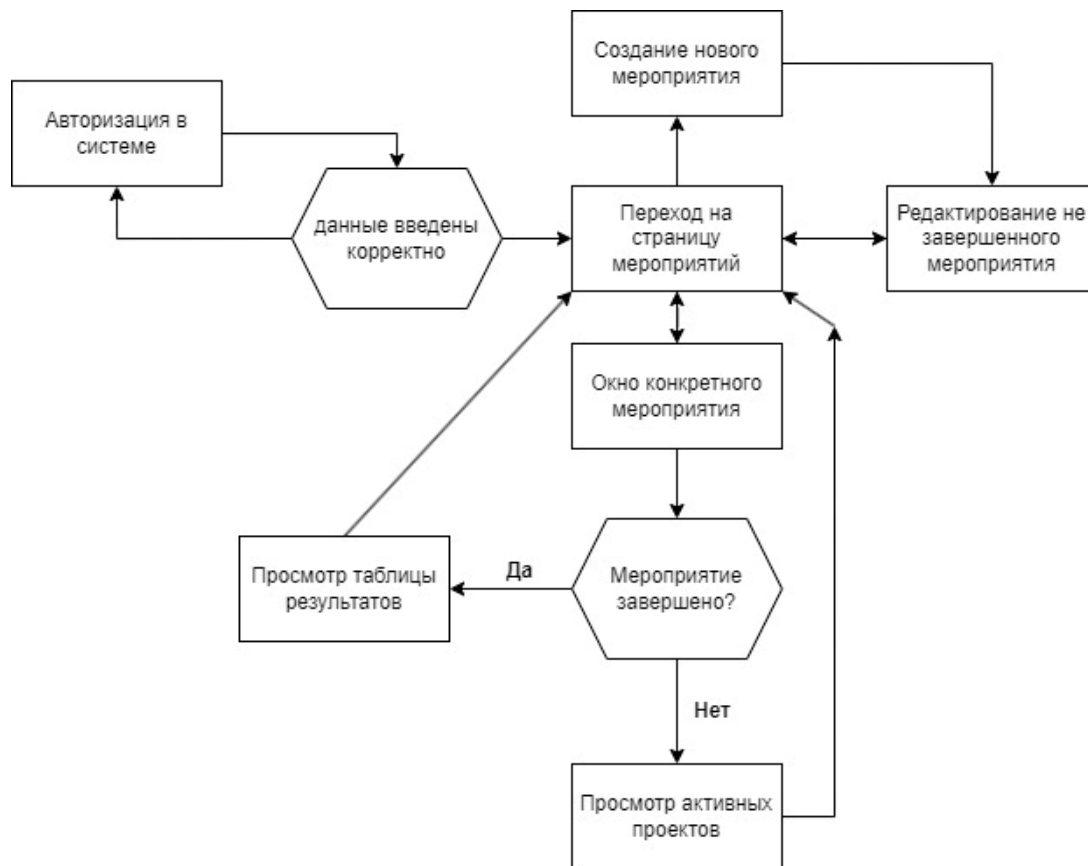


Рис. 2. Арм администратора

При авторизации пользователя в качестве администратора, он попадает на страницу со списком мероприятий. Так же, в левом нижнем углу располагается кнопка добавления нового мероприятия. Нажав на неё, пользователь откроет модальное окно «Создание мероприятия». Заполнив поля «Название» и «Дата проведения» и нажав кнопку «Добавить» пользователь создаёт мероприятие. В правом углу блока каждого мероприятия имеется две кнопки «Начать» и «Редактировать». Если мероприятие не начато, и не завершено, его можно редактировать. Перейдя в раздел редактирования, пользователь видит меню,

закреплённое в верхней части страницы, состоящее из вкладок «Проекты», «Жюри», «Информация». Вкладка проекты отображает список проектов в текущем мероприятии, и содержит кнопку, открывающую модальное окно «Добавление проекта», в котором, заполнив поля «Наименование проекта» и «Имя конкурсанта», можно добавить проект. В окне «Жюри» можно добавить членов жюри к мероприятию, нажав на кнопку «Добавить члена жюри», и зарегистрировать их при помощи кнопки «Зарегистрировать члена жюри», где необходимо заполнить поля «Логин», «Пароль», «Имя», «Должность». На странице информация, в свою очередь, пользователь может редактировать название мероприятия, и дату его проведения. Так же, в этом окне располагается перечень критериев данного мероприятия. Их так же можно добавить, нажав на кнопку «Добавить», расположенной в блоке «Критерии оценивания». Создать новый критерий можно нажав на кнопку «Установить критерий», которая открывает модальное окно «Установка критерия». Заполнив поля «Наименование критерия», «Описание критерия», «Тип оценивания». Нажав кнопку сохранить, пользователь попадает обратно на страницу просмотра всех мероприятий, и сохраняет все изменения.

Нажав на кнопку «Начать» на странице мероприятий, пользователь стартует конкретное мероприятие, и оно начинает отображаться у прикреплённых членов жюри. После чего администратор видит список ранее добавленных проектов, за каждый из которых можно начать голосование. В случае ошибки в оценке мероприятия одним из членов жюри, администратор может назначить переголосование. После окончания голосования, администратор нажимает на кнопку «Завершить», после чего, мероприятие считается окончанным, и ни один из пользователей не может продолжить голосование. А сам администратор попадает на страницу «Отчёт», с таблицей, отображающей результаты мероприятия.

Посмотреть результаты мероприятия администратор может нажав кнопку «Посмотреть отчёт» на странице мероприятий, если мероприятие завершено.

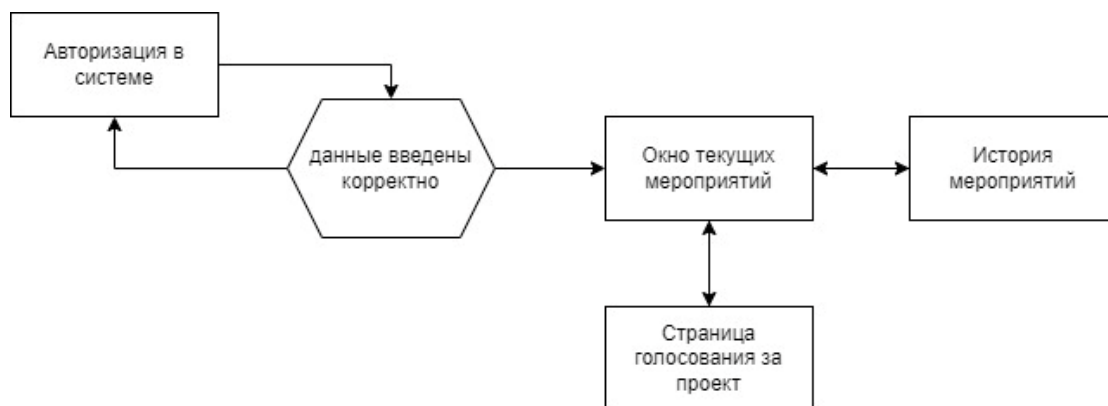


Рис. 3. Арм члена жюри

Приложение в арме жюри содержит следующие страницы:

1. Авторизация.
2. Текущие мероприятия.
3. История мероприятий.
4. Добавить оценку.

Когда пользователь заходит под армом жюри, он сразу попадает на страницу «Текущие мероприятия». на этой странице он видит все активные мероприятия. Нажав на стрелку, означающая разворот drop-down списка, пользователь увидит список проектов. Рядом с каждым названием, находится кнопка «проголосовать». Нажав на нее, член жюри переходит на страницу «Добавить оценку», где в выпадающих списках выбирает оценку, по каждому критерию. Нажав «отправить», пользователь теряет возможность проголосовать за конкретный проект, до объявления переголосования. На странице «История мероприятий»,

член жюри может увидеть список всех мероприятий, в которых он участвовал, и развернув их, нажав на стрелку, сможет посмотреть результаты этого мероприятия.

Данная система была протестирована на XIV слёте молодёжи Куйбышевской железной дороги, где получила высокие оценки от участников мероприятия. Одновременно, систему тестировали более 30 человек, не испытывая дискомфорта использования. За реализацию данной системы, команда разработки получила благодарственные письма от начальника дороги Дмитриева Вячеслава Витальевича.

Вывод. Разработанное приложение позволит компании ОАО «РЖД» вести структурированные и единообразные мероприятия, не пользуясь сторонними сервисами, или бумажными носителями, что соответствует тенденциям цифровизации процессов на железной дороге. Успешно прошедшая тестовая эксплуатация показывает надёжность и работоспособность описанного приложения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Симпсон К. Познакомьтесь, JavaScript. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2022. – 192 с.
2. Тиленс Т. М React в действии. – СПб.: Питер, 2019. – 368 с.
3. Грант К. CSS для профи. – СПб.: Питер, 2019. – 496 с.

УДК 656:004

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Пыжикина В.С., Скибин Ю.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, касающиеся влияния процессов цифровой трансформации на развитие перевозок. Авторы анализируют не только влияние использования инновационной техники на конкурентоспособность транспортных предприятий, учитывая основные направления процесса цифровой трансформации транспортной отрасли, но и возможные риски, а также риски в транспортной отрасли в целом. По результатам проведения исследования можно сделать вывод, что необходимо активизировать цифровые процессы в транспортной сфере.

Ключевые слова: цифровизация, цифровизация транспорта, цифровые технологии.

THE IMPACT OF DIGITAL TECHNOLOGIES ON THE DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT INDUSTRY

Pyzhikina V.S., Skibin Yu.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The article deals with issues related to the impact of digital transformation processes on the development of transportation. The authors analyze not only the impact of the use of innovative technology on the competitiveness of transport enterprises, taking into account the main directions of the process of digital transformation of the transport industry, but also possible risks, as well as risks in the transport industry as a whole. Based on the results of the study, it can be concluded that it is necessary to activate digital processes in the transport sector.

Keywords: digitalization, digitalization of transport, digital technologies.

Во многих отраслях экономике, в том числе на транспорте, активные процессы использования и масштабного применения различных достижений научного, технического и технологического прогресса, связанных с так называемой «цифровой» революции, позволили создать принципиально новое экономическое развитие. Эпоха современного информационного общества предусматривает широкое применение инновационной техники, которая во многом определяет направление развития всего мирового и национального

экономического пространства. Именно в ходе развития НТР появилось понятие «цифровой трансформации» или «цифровизации». Она одна из самых первых концепций трансформации цифровых технологий определяла переход только от аналоговой информации к цифровой, а сейчас цифровизация определяет значительную распространенность технологий в различных сферах социально-экономических взаимоотношений для того, чтобы предоставить возможности в организации нового формата технологического процесса.

Анализируя направления и этапы развития цифровых технологий следует отметить, что в течение нескольких десятилетий они проходили достаточно трудный этап становления через формирование сеть интернета, изменение подходов к применению и восприятия нового. В каждом этапе наблюдалась позитивная динамика изменений, которая в результате приводила к действенным показателям функционирования финансовой системы. Внедрение digital-технологий стало одним из первых, что, собственно, ощутила транспортная отрасль. Необходимость решить такие трудоемкие задачи, как автоматизация управления и увеличение производительности работы, мотивировало предприятия транспорта, осуществлять работу в компьютеризации процесса управления и потом их цифровизацию. Впоследствии появились автоматизированные системы управления, стартовало внедрение цифровой техники в транспортные ветви, которые во многом упростили работу транспортных компаний. Быстрое внедрения цифровой техники способствовало увеличению числа людей финансовой принадлежности в работе, которую они заняли.

Так же примерами цифровизации транспортной отрасли, которые считаются более распространенными являются различные приложения движения общественного транспорта, карты с электронными билетами, автоматизацией управления транспортными потоками, а очень интересными являются беспилотные поезда метро, пригородные поезда и такси и т.д.. Влияние процессов цифровизации имеют очень большую распространенность, так как новые технологии дают возможность реализовать более эффективные парковки, следить за пробками на дорогах и соблюдение правил дорожного движения всеми участниками, а также упрощают управление крупногабаритным автотранспортом [1, 4].

Если посмотреть на все достоинства цифровой технологии, следует понимать, что внедрение новшеств в обществе в транспортном секторе не всегда получают желаемый экономически обоснованный результат. Нововведения обычно рассматривается не только через призму бесспорных преобразований, но и через текущие конфигурации в транспортной инфраструктуре. Первоначально нововведения или цифровизация затрагивает трансформацию компонентов воздействующий на поверхностные изменения экономических взаимосвязей, т.е. инфраструктуру, в то время как второй компонент изменяет сами механизмы, которые управляются под воздействием информационных систем. В первом случае рассматриваются технологии, например «big data», процессы интеллектуализации и т.д. Интеллектуальные транспортные системы являются главным направлением технологического развития отрасли. Во втором случае необходимо предусмотреть изменение самих технических и экономических основ производства.

Выделяются четыре основные направления цифровизации процессов в транспортной сфере:

1) цифровизация инфраструктуры транспорта предполагает, что на каждом этапе логистической цепи и на всех транспортных средствах будет установлена персональная идентификация и управление программным обеспечением. Это нововведение позволит управлять всеми транспортными потоками в реальном времени. Цифровизация инфраструктуры транспорта позволит быстрее ускорить процессы логистики, снизить расходы и затраты, обеспечить надежность хранения данных;

2) роботизация используется для выполнения наиболее трудоемких операций: обслуживании транспортных средств, в складском хозяйстве;

3) автоматизация процессов управления необходима, вследствие того, что в разы возросла скорость транспортных потоков, что человеку сложно моментально принимать грамотные управленческие решения с учетом всех возможных рисков;

4) внедрение систем автопилота: автопилот активно применяется в гражданской авиации, в системе морского грузового транспорта, а также на общественном транспорте в настоящее время работает несколько пилотных проектов [1].

В то же время следует отметить, что активное использование автоматизированной транспортной системы может привести к определенным проблемам, а также социальному диссонансу. В отношении угроз и рисков, названных прямым следствием автоматизации транспорта, следует отметить следующее:

1) одновременное освобождение большого количества водителей, которые не смогут работать по профессии в будущем;

2) риски отказа программных средств и потери контроля над управлением управляемым автомобилем.

В этом случае, конечно, существуют существенные плюсы в внедрении таких технологий, такие как:

1) увеличение эффективности транспортного сектора, снижение расходов на топливо и повышение скорости движения, уменьшение аварийности;

2) снижение расходов на оплаты труда водителей и многих сотрудников, работающих на автоматизированных рабочих местах;

3) уменьшение риска ошибок человеческого характера.

Таким образом, уже используемые технологии распознавания лиц и дистанционного идентификации лиц создают зону полной безопасности вокруг важнейших объектов транспорта.

Процессы автоматизации в транспортной сфере могут охватить почти все компоненты логистических цепочек. Кроме того, сведение информации и последующий управление может осуществляться автоматическими системами при организации т. н. «виртуальная логистика» – программа, обладающая всеми необходимыми качествами для организации работы транспортных узлов.

Цифровые информационные платформы играют важную роль в процессе цифровой экономики [2, 3]. Прикладные цифровые платформы – бизнес-модели, предоставляющие возможности для алгоритмического обмена ценностями между значительным числом независимых участников рынка. Транзакции при этом проводятся в единой информационной среде. В данную группу входят, например, Uber, Aliexpress, Avito, Facebook, Yandex Taxi и тд. Также цифровые платформы различаются по группам участников и уровням обработки информации. Главная задача таких структур заключается в интеграции всех участников цепи создания ценности с учетом каналов коммуникации, пути дистрибуции и наличия потенциального сообщества покупателей. В настоящее время цифровые платформы настолько обширны, что могут охватывать целые отрасли экономики. Они способны интегрировать все логистические и другие процессы единой системы.

Поэтому можно с уверенностью сказать, что цифровизация это важнейший и необходимый процесс развития не только транспортной отрасли и экономики в целом, но и общества. С одной стороны, эффективность использования цифровых технологий на транспорте определяет степень конкурентоспособности. Тот, кто не обращает внимания на современные экономические, технологические изменения, рискует уйти из рынка. В то же время именно цифровизация является источником повышения рисков: как в экономическом развитии, так и в общественном прогрессе. Впрочем, цифровая экономика является необратимым ходом, следовательно, необходимо поддерживать баланс в использовании технологии и взвешенно подходить к целесообразности их применения в решении отдельных задач на транспорте, Только при достижении баланса можно получить социально-экономический эффект на предприятиях транспортной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова А.М., Андреева А.К., Климова А.А. ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ //Студенческий: электрон. научн. журн. 2022. № 21(191). URL: <https://sibac.info/journal/student/191/257180> (дата обращения: 20.10.2022).
2. Гаврилычев В.С. Влияние цифровой экономики на предприятия транспорта // Научный лидер. - 2021. - №13 (15). – С. 129–132.
3. Гутковская А.И., Гутковская Е.А. Развитие цифровой экономики на железнодорожном транспорте // ОГАРЁВ-ONLINE. – 2018.- № 1 (106) - С. 1-7.
4. Зубаков Г.В. Цифровая трансформация транспортно-логистических процессов // Логистика и управление цепями поставок. – 2022.- №1(96). - С.35-38.
5. Машкина Н.А., Велиев А.Е. Влияние цифровой экономики на развитие транспортной отрасли в мире // ЦИТИСЭ – 2020. - №1 (23). – С.290-299. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://blogic.ru/blog/chto-takoe-tsifrovizatsiya-predpriyatiya/> (дата обращения: 20.10.2022 г.)
6. Прохоров А.В., Коник Л. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ООО «КомНьюс Групп», 2019. – 368 с.

УДК 656.02

ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНЫХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Рыжов В. Ю.

Москва, Российский университет транспорта

Аннотация. В статье рассмотрены и проанализированы возможные проблемы, возникающие при реконструкции транспортных систем на примере трамвайной сети в городе Таганроге, а также предложены варианты их решения.

Ключевые слова: общественный транспорт, трамвай, концессионер, перевозчик, транспортная система, маршрут, моделирование.

PROBLEMS OF INTEGRATED RECONSTRUCTIONS OF TRANSPORT SYSTEMS

Ryzhov V.Yu.

Moscow, Russian University of Transport

Abstract. The article considers and analyzes possible problems that arise during the reconstruction of transport systems on the example of the tram network in the city of Taganrog, and also suggests options for solving them.

Keywords: public transport, tram, concessionaire, carrier, transport system, route, modeling.

Большинство российских городов в наши дни нуждается в модернизации или реконструкции своих транспортных систем: набирают популярность концессии и федеральные программы, муниципалитеты активнее вкладываются в обновление транспортных предприятий. И сейчас очень важно определить проблемы, с которыми города сталкиваются при обновлении транспортных систем, а также предложить методы их решений.

В настоящее время, когда городские дороги перегружены, а транспорт часто стоит в пробках, необходимо искать новые решения для организации безопасного движения. Моделирование транспортных процессов – один из таких методов. Заключается он в анализе эффективности при изменении транспортно-эксплуатационных показателей, а также корректных прогнозов относительно работы транспортных систем [1].

На примере типичного российского города определим основные проблемы, с которыми сталкиваются при реконструкции и модернизации транспортных систем и разберемся, какие из существующих решений можно к ним применить.

Таганрог – средний город на юге России с населением около 250 тыс. человек. Общественный транспорт в городе представлен автобусами большой, средней и малой

вместимости, маршрутным такси, троллейбусом и трамваем. Трамвай – один из старейших видов городского общественного транспорта, работает с 1932 года. В последние годы состояние всей трамвайной системы оценивалось как катастрофическое. Главными проблемами являлись почти полный износ трамвайной сети (95 %), необходимость в модернизации объектов энергохозяйства, недостаток бюджетного финансирования для реконструкции трамвайной сети и обновления подвижного состава, а также избыточное дублирование трамвая другими видами транспорта [2].

24 мая 2021 года между администрацией города Таганрога и Синара-ГТР Таганрог было подписано концессионное соглашение о комплексной реконструкции трамвайной системы. Менее чем за два года было заново уложено более 40 км трамвайных путей, закуплено 50 единиц подвижного состава. В январе 2023 года были запущены последние из девяти маршрутов: 1, 7 и 8. Пассажиры получили возможность оплачивать проезд безналичным способом, планировать свой маршрут заранее. В большей степени были решены проблемы комфортного ожидания трамвая и безбарьерной среды для маломобильных граждан. Однако остались нерешенными некоторые важные аспекты, о которых необходимо написать.

За один 2022 год с участием трамвая в городе произошло 20 ДТП. Как следствие из каждого ДТП, трамвай встает на ремонт примерно на месяц и выходит на этот период из оборота. Предприятие начинает нести издержки, а пассажиры тратить больше времени на ожидание трамвая. По собственным подсчетам Синара-ГТР Таганрог, общий ущерб от всех ДТП составил около 5 млн рублей [2].

Причины таких ДТП довольно очевидны – трамвайная система не существует «в вакууме», помимо самих трамваев на проезжей части множество других участников дорожного движения, не всегда соблюдающих ПДД. В подавляющем большинстве это автомобили. Ошибка концессионера в том, что на этапе проектирования не была учтена проблема обособления трамвайных путей. Несмотря на то, что доля обособленных путей в городе довольно высока (73,9%), в центральном районе трамвай следует по улицам в общем потоке, а на переездах и перекрестках нет средств успокоения трафика [3].

Другая нерешенная проблема более глобальна – маршрутная сеть не претерпела никаких изменений, вследствие чего сейчас трамвай работает не так эффективно, как мог бы. Например, пять из девяти маршрутов идут через центр города, по большей части дублируя друг друга, в то время как бывшие пиковые маршруты, связывающие окраины друг с другом, ходят с неприлично большими интервалами. Сформировавшаяся в советское время маршрутная сеть, рассчитанная на развоз людей из центра к окраинам, на заводы, за 30 лет потеряла былую актуальность. Многие крупные предприятия закрылись или перепрофилировались, и трамвай в новых реалиях должен также меняться и оптимизироваться для своих пассажиров. Кроме того, за последние два-три десятилетия в городе резко возросло количество личного автотранспорта, а на дорогах участились конфликтные ситуации с трамваями. Самым верным выходом из сложившейся ситуации будет анализ современных пассажиропотоков и моделирование транспортных процессов на основе полученных данных с последующим внедрением удачной модели.

Последняя проблема, на которую стоит обратить внимание, это несвязность трамвая с другими видами транспорта. В муниципальных автобусах, маршрутных такси и трамваях удается сосуществовать разным тарифным меню, что доставляет неудобства пассажирам. Не меньшие неудобства представляет и полная несогласованность расписаний трамвая с другими видами общественного транспорта. Таким образом каждый из представленных видов транспорта в городе работает в своих интересах, но не в интересах пассажира. Конечно, один перевозчик (в нашем случае концессионер) не способен решить проблему самостоятельно. Здесь требуется желание и воля муниципалитета в создании современной и удобной транспортной сети без излишнего дублирования маршрутов, с единым тарифным меню, согласованными и удобными пересадками. Хорошим примером является департамент транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы, который определяет всю городскую политику в транспортной сфере, устанавливает жесткие критерии

и требования для всех перевозчиков, сам определяет тарифные меню и занимается субсидированием.

Таким образом, существует целый ряд проблем, которые могут возникнуть при реконструкции транспортной системы, и которые надо учитывать еще на этапе анализа, моделирования и проектирования системы, чтобы столкновение с ними не было неожиданным и фатальным для перевозчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитченко А.В., Николаев С.Б. Моделирование транспортных процессов // Современные инновации. №1 (15). 2017. С. 26-28.
2. Сайт «Таганрогский трамвай» – URL: www.taganrogtram.ru (дата обращения: 19.01.2023). – Текст: электронный.
3. Сайт «Трамвайные системы России. Рейтинг по обособлению путей» – URL: <http://tramlanes.ru> (дата обращения: 19.01.2023). – Текст: электронный.

УДК 621.793/.795: 004.942

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Трифонов Г.И., Жачкин С.Ю.

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. На сегодняшний день существует задача по разработке специализированных информационных систем управления технологическими процессами плазменного нанесения покрытий. Однако, существуют ряд проблем, препятствующих решению данной задачи: невысокая точность функциональных зависимостей, описывающих процесс напыления, и отсутствие методик и алгоритмов управления автоматизированными системами. В данной работе проведено исследование информационных систем при проектировании процессов технологии плазменного напыления деталей транспортных машин и механизмов.

Ключевые слова: плазменное напыление, базы данных, базы знаний, технологический процесс, проектирование.

DESIGN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF PLASMA SPRAYING OF PARTS OF TRANSPORT MACHINES AND MECHANISMS

Trifonov G.I., Zhachkin S.Yu.

Military Training and Scientific Center of the Air Force «Air Force Academy
named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin»

Abstract. To date, there is a task to develop specialized information systems for controlling technological processes of plasma coating. However, there are a number of problems hindering the solution of this problem: the low accuracy of functional dependencies describing the spraying process, and the lack of methods and algorithms for controlling automated systems. In this paper, the study of information systems in the design of the processes of plasma spraying technology of parts of transport machines and mechanisms is carried out.

Keywords: plasma spraying, databases, knowledge bases, technological process, design.

Введение. Повышение эффективности использования технологии плазменного нанесения покрытий с целью повышения ресурса у ответственных деталей различного автотранспорта связано непосредственно с разработкой методов и средств автоматизации и компьютеризации, обеспечивающих стабилизацию параметров технологических процессов, тем самым улучшая качество формируемых покрытий [1, 2].

Опыт внедрения специальных установок и дополнительных технологических операций в технологический процесс ремонта и восстановления деталей машин показал, что при

планировании применения плазменного напыления существуют проблемы низкого качества оборудования и средств контроля, отсутствие методик, направленных на определение обоснованности выбранной технологической схемы, а также отсутствие критериев, позволяющих спрогнозировать применение технологии для решения той или иной задачи.

С целью эффективного применения технологии плазменного напыления при восстановлении и/или упрочнении деталей автотранспорта необходимо проводить плановую систематизацию существующих данных и поступающей новой информации о технологических параметрах процесса и факторов, влияющих на получение качественного покрытия. При этом необходимо обеспечить научно-обоснованный подход при разработке, освоении и реализации материалов напыления, применяемых в процессе газотермической обработки поверхностей деталей.

Актуальность исследования. Для выполнения и решения выше описанных целей и задач, стоящих перед технологами в области газотермического нанесения функциональных покрытий, целесообразно создание двух взаимосвязанных специализированных информационных технологических систем – базы знаний и базы данных [3].

На сегодняшний день подобные задачи решаются путем разработки и усовершенствования систем CAD/CAM/CAE и методами многофакторной оптимизации, так как большинство условий вступает в противоречие друг с другом. Системы CAD/CAM/CAE позволяют решать конкретные задачи по разработке и технологической подготовке производственного процесса, а также инженерному анализу объектов проектирования [4]. Вопрос об использовании CAD/CAM/CAE систем при разработке и напылении ответственных деталей является достаточно актуальным, так как для них предъявляются повышенные требования к точности изготовления, прочности конструкции и сохранения стабильности размеров при эксплуатации [5].

Цель исследования – исследование информационных систем при проектировании процессов технологии плазменного напыления. Разработка теоретической модели этапов конструкторско-технологического проектирования с учетом использования технологии плазменного напыления. Составление схемы организации взаимодействия между базами знаний, базами данных и расчетным программным обеспечением.

Результаты исследования. Авторами работы [6] была разработана и предложена модель конструкторско-технологического проектирования с дополнительной CAE-системой, учитывающей возможность использования технологии плазменного напыления. Исходя из текущего уровня плазменного напыления в России и мире, и учитывая модель конструкторско-технологического проектирования с дополнительной CAE-системой, можно выделить главные актуальные задачи, для решения которых необходимо использование базы данных и базы знаний [4–6]:

- поиск и оценка годности существующих аналогичных технологических процессов, потенциально подходящих для выполнения конкретного технического задания на восстановления и/или упрочнения детали;
- выбор и/или конструирование материала для покрытия;
- расчет и выбор технологических режимов напыления покрытий;
- выбор и синтез оборудования, а также технологических средств для реализации процесса напыления.

Исходя их выделенных актуальных задач, сформирован список типов объектов, информация о которых должна храниться в базе данных и базе знаний для решения обозначенных выше задач:

Свойства и эксплуатационные особенности материалов для плазменного напыления покрытий;

- физико-механические и эксплуатационные свойства сформированных покрытий;
- параметры выбранных (подобранных) рациональных технологических процессов;
- математические и физические моделей, алгоритмов, методик процесса плазменного напыления;

- дополнительная информация аспектов процессов плазменного напыления;
- параметры инструмента (плазматрона), специализированных установок и устройств для плазменного напыления и прочего профильного оборудования;
- теплофизические свойства плазменной струи и частиц, транспортируемых в ней;
- требуемые эксплуатационные показатели и характеристики деталей с нанесенным покрытием.

Детальное описание основных требований к базам знаний с точки зрения их применения в области газотермического, и в частности плазменного напыления, представлено в работе [7]. Так, на основе проведенного анализа результатов работы [7] было выявлено, что база знаний должна состоять из пяти кластеров со следующими условными названиями:

- «Наука и технология»;
- «Сообщество газотермического напыления»;
- «Техническое и программное обеспечение»;
- «Применение покрытий»;
- «Материалы и покрытия».

Базы данных, используемые при проектировании покрытий, в настоящее время представляют собой базы данных по материалам для получения покрытий [4].

При определении свойств нанесенного покрытия реальные условия эксплуатации моделируются условиями экспериментов, а параметры реальной детали – параметрами испытываемого эталонного образца с покрытием [4, 6].

Функциональное покрытие с заданными свойствами формируется в ходе технологического процесса плазменного напыления, который описывается двумя основными группами параметров:

- параметрами процесса напыления;
- свойствами напыляемого материала.

Таким образом, в базы данных должны входить следующие данные:

- характеристики материалов напыления;
- свойства функциональных покрытий;
- технологические режимы напыления.

Схема свойств и параметров, включаемых в базу данных, представлена на рисунке 1.

Каждый из элементов, отображенных на рисунке 1, представляет собой группы свойств или параметров.

Опираясь на разработанную модель этапов конструкторско-технологического проектирования с учетом использования технологии плазменного напыления и схему свойств и параметров, включаемых в базы данных технологии плазменного напыления (рис. 1), была составлена схема организации взаимодействия и обмена данными между базами знаний и базами данных (рис. 2).

Необходимо отметить, что также существуют требования к базам данных, обусловленные расчетными программами. Так, модули расчетных программ могут запрашивать у баз данных значения конкретные данные (свойства материала). Если рассмотреть задачи выбора оптимального материала покрытия, то так или иначе они сведутся к тому или иному виду задачи математического программирования [8–10].

Выводы.

1. Проведено исследование информационных систем при проектировании процессов технологии плазменного напыления.

2. Составлена схема организации взаимодействия между базами знаний, базами данных и расчетным программным обеспечением при проектировании покрытий.

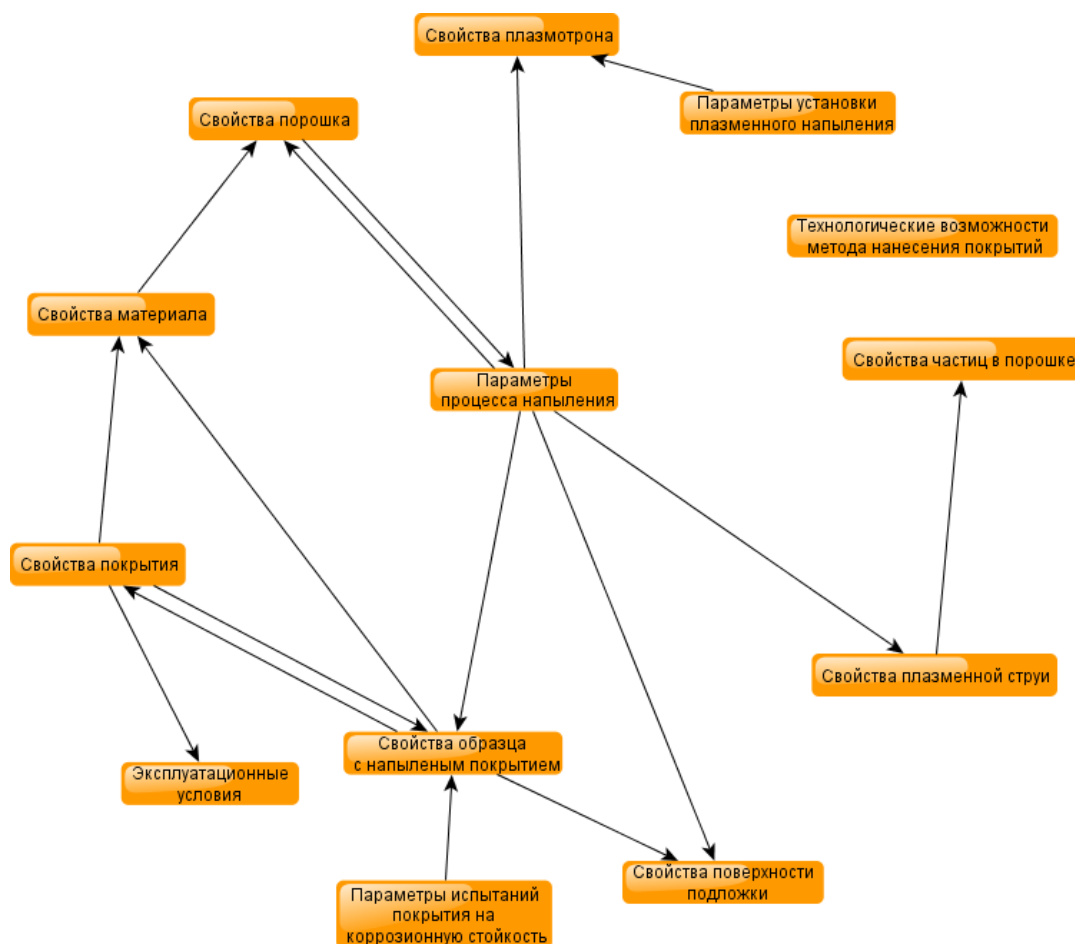


Рис.1. Общая схема свойств и параметров, включаемых в базы данных технологии плазменного напыления



Рис. 2. Схема организации взаимодействия между базами знаний и базами данных, и расчетным программным обеспечением при проектировании покрытий

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жачкин С.Ю. Теоретическое обоснование системы автоматизированного проектирования восстановления деталей машин плазменным напылением / С.Ю. Жачкин, Г.И. Трифонов, Н.А. Пеньков, Ю.В. Гордей // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте: сборник статей

международной научно-практической конференции, Липецк, 20–21 апреля 2022 года. Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2022. – С. 237-243.

2. Трифонов Г.И. К вопросу о разработке системы принятия решений при планировании процесса плазменного напыления детали машин АПК / Г.И. Трифонов, С.Ю. Жачкин // Международная научно-практическая конференция «Перспективные технологии и материалы»: Материалы научно-практической конференции г. Севастополь, 06-08 октября 2021 г. Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2021. – С. 205-210.

3. Кравченко И.Н. Разработка специализированных информационных систем для проектирования технологических процессов нанесения плазменных покрытий: научное издание / И.Н. Кравченко, В.В. Сельдяков, А.Ф. Пузряков // Строительные и дорожные машины. 2014. № 2. – С. 38-42.

4. Глинский М.А. Разработка САЕ-системы проектирования процессов упрочнения и восстановления деталей машин с использованием плазменных методов / М.А. Глинский, А.Ф. Пузряков, И.Н. Кравченко [и др.] // Технология машиностроения. 2012. № 2. – С. 55-59.

5. Кравченко И.Н. Концепция САЕ-системы проектирования процесса нанесения защитных покрытий для упрочнения и восстановления деталей технологического оборудования / И.Н. Кравченко, М.Н. Ерофеев, С.В. Карцев [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2019. № 12. – С. 4-10.

6. Кравченко И.Н. Разработка модели этапов проектирования на примере технологии плазменного напыления / И.Н. Кравченко, С.В. Карцев, Г.И. Трифонов // Сельский механизатор. 2022. № 9. – С. 18-21.

7. Глинский М.А. Разработка метода нанесения плазменных покрытий для восстановления деталей перерабатывающего оборудования АПК: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Глинский Максим Александрович. М., 2018. 239 с.

8. Трифонов Г.И. Исследование особенностей разработки системы автоматизированного проектирования нанесения функциональных покрытий плазменным напылением / Г.И. Трифонов // Авиация: история, современность, перспективы развития: сборник материалов V международной научно-практической конференции БГАА. Минск, 22 октября 2020 г. / ред. А. А. Жукова [и др.]; под научн. ред. А. А. Шегидевича. – Минск: БГАА, 2020. С. 855-856.

9. Трифонов Г.И. Разработка системы автоматизированного проектирования нанесения функциональных покрытий / Г.И. Трифонов // Механическое оборудование металлургических заводов. №2 (15). 2020. – С. 43-49.

10. Trifonov G.I. Study of the features of the development of computer-aided design of functional coatings by plasma spraying / Grigory I. Trifonov, Lyubov A. Kukarskikh, Vladimir K. Kiryanov, Dmitry O. Krikunov, Andrey V. Mikhalchenko // MATEC Web of Conferences 329, 02002 (2020). <https://doi.org/10.1051/mateconf/202032902002>.

УДК 629.734/.735

ЛЕТАЮЩИЕ АВТОМОБИЛИ

Чернова А.А. Козлов В.В

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассказано, что такое летающие автомобили, рассмотрена технология eVTOL и популярные модели, а также представлены основные преимущества и недостатки.

Ключевые слова: летающие автомобили, технология eVTOL, воздушное такси, крупные компании.

FLYING CARS

Chernova A.A. Kozlov V.V.

Samara, Samara State Technical University

Abstract. The article describes what flying cars are, eVTOL technology and popular models are considered, as well as the main advantages and disadvantages are presented.

Keywords: flying cars, eVTOL technology, air taxi, large companies.

Летающие автомобили были мечтой многих в течение многих лет. Итак, что такое летающий автомобиль и как его можно использовать? Летающие автомобили – это транспортные средства, которые могут летать с помощью крыльев и пропеллеров. Их часто называют футуристическими автомобилями, и их можно использовать для самых разных целей.

Большинство устройств построено с использованием технологии eVTOL – с электродвигателем и системой вертикального взлета. После этого роторы наклоняются так, чтобы летательный аппарат мог летать горизонтально.

Воздушные автомобили eVTOL (электрические вертикальные воздушные автомобили) как будущее городского транспорта. Многие компании, как начинающие стартапы, так и признанные производители, разрабатывают автомобили eVTOL, которые, как ожидается, появятся на рынке всего через несколько лет. Что ждет eVTOL в будущем?

Хотя технология eVTOL в будущем предназначалась для более тяжелых самолетов, в настоящее время эта технология больше всего подходит для коротких перелетов из пункта в пункт. Как следует из названия, автомобили eVTOL взлетают так же, как вертолет, не требуя взлетно-посадочной полосы, что делает их идеальными для густонаселенных городских районов.

Автомобили eVTOL, работающие на электроэнергии, считаются бесшумным видом транспорта с низким уровнем выбросов, который произведет революцию в наших путешествиях. В условиях пробок на дорогах, перегруженности сетей общественного транспорта и других транспортных проблем, с которыми сталкиваются многие городские районы по всему миру, воздушное такси eVTOL может обеспечить быструю, прямую и чистую мобильность.

Например, компания Uber подсчитала, что двухчасовой пробег по пиковому трафику в Сан-Паулу сократится до быстрой 18-минутной поездки eVTOL. Другие электрические аэротакси позиционируются как "в 100 раз более тихие, чем обычные самолеты".

Понятно, что многие компании заинтересованы в этой новой технологии, в том числе ведущие авиакомпании. Крупные аэрокосмические производители, Boeing и Airbus, активно участвуют в разработке eVTOL. Airbus разрабатывает концепции одноместного автомобиля Vahana и четырехместного CityAirbus. Boeing даже сотрудничает с производителем автомобилей класса люкс Porsche в разработке высококлассного автомобиля eVTOL.

Компания Uber основала Uber Elevate еще в 2016 году для разработки транспортного средства для обслуживания воздушных перевозок. В декабре 2020 года компания продала Uber Elevate другой авиационной компании, Joby Aviation. Joby Aviation объединилась с производителем автомобилей Toyota для разработки еще одной службы воздушного такси. В этой услуге будут задействованы пятиместные воздушные такси eVTOL с дальностью полета 150 миль и максимальной скоростью до 200 миль в час.

Несколько авиакомпаний также изучают технологию, часто в партнерстве со стартапами. Ранее в этом году United Airlines объявила о своем партнерстве с компанией Archer по аэромобилям для разработки транспортных средств eVTOL. План состоит в разработке электрических воздушных такси малой дальности для плотной городской среды, скорее всего, для перевозки пассажиров United между городами и аэропортами. Archer работает над собственным автомобилем eVTOL, который он надеется выпустить в Лос-Анджелесе к 2024 году.

Теперь рассмотрим проблемы и препятствия, которые встречаются на пути распространения летающих автомобилей:

- Несовершенство дизайна

Даже самые совершенные мультикоптеры еще не совершенны во время полета: они летают медленно, постоянно теряют устойчивость. Их массовое использование будет создавать большие помехи для самолетов и вертолетов.

- Безопасность

Это обратная сторона простоты управления: ни беспилотные летательные аппараты, ни пилотируемые модели часто не требуют лицензии пилота, а лишь кратковременного обучения. Это означает, что в небе такие автомобили могут быть непредсказуемыми, а в больших городах они также могут представлять угрозу для зданий и коммуникаций.

- Инфраструктура

Даже самые компактные летающие машины занимают намного больше места, чем обычный автомобиль. Это означает, что им потребуются специальные взлетно-посадочные

площадки и парковочные места, которых просто нет в черте города. Хотя Великобритания, например, уже строит первый в мире аэропорт для летающих авто.

- Отсутствие нормативной базы

Пока только Европейское агентство авиационной безопасности (EASA) разрабатывает требования к воздушным автомобилям eVTOL, но сертификации для них до сих пор нет. Не говоря уже о правилах полета.

- Цена

Следующее по запуску (первые коммерческие рейсы запланированы на 2022 год) воздушное такси VoloCity будет стоить около 300 евро за поездку – это сопоставимо с международным рейсом, а ни в коем случае не с поездкой на такси.

В то время как крупнейшие автомобильные и авиационные концерны выпускают свои модели летающих автомобилей, США, Европа и Азия продвигают государственные программы по запуску воздушных такси и коммерческих перевозок. Власти считают, что это снизит уровень городского трафика, решив проблему пробок и вредных выбросов. Производители и перевозчики предполагают, что воздушный транспорт откроет для них новый и очень перспективный рынок. Правительство может сыграть здесь такую же важную роль, как и в продвижении электромобилей, как более экологичной альтернативы.

Для рядового потребителя это будет означать более простой и быстрый способ добраться из одной точки города в другую, избежать пробок на больших магистралях и сэкономить свое время. Однако все существующие прототипы и модели до сих пор преодолевают небольшие расстояния. Это означает, что это будет, в первую очередь, городской, а не междугородний транспорт. Однако до массового перехода на летающие автомобили еще предстоит пройти долгий путь: даже самые передовые проекты обещают быть запущены на целевой основе не ранее 2030-х годов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. На работу без пробок. – Текст : электронный // РБК : [сайт]. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/60e6cc5d9a7947e90d9004c8> (дата обращения: 18.12.2022).
2. Какое будущее ждет летающие автомобили – Текст : электронный // АвиаПОРТ : [сайт]. – URL: <https://www.aviaport.ru/digest/2021/07/09/681123.html> (дата обращения: 18.12.2022).
3. EVTOL. – Текст : электронный // Википедия - свободная энциклопедия : [сайт]. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/EVTOL> (дата обращения: 18.12.2022).

УДК 629.113

БЕСПИЛОТНЫЙ АВТОМОБИЛЬ

Чернова А.А., Козлов В.В

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассказано, что такое беспилотные автомобили, рассмотрены уровни автоматизации транспорта, неотъемлемые их компоненты и реализация. А также представлены основные преимущества и недостатки.

Ключевые слова: автономные автомобили, беспилотные автомобили, искусственный интеллект, транспортное средство, машинное обучение.

SELF-DRIVING CAR

Chernova A.A. Kozlov V.V.

Samara, Samara State Technical University

Abstract. The article describes what self-driving cars are, considers the levels of transport automation, their integral components and implementation. The main advantages and disadvantages are also presented.

Keywords: autonomous cars, self-driving cars, artificial intelligence, vehicle, machine learning.

Статистика безопасности дорожного движения показывает большое количество жертв в результате дорожно-транспортных происшествий во всем мире, что ставит перед исследователями и производителями транспортных средств задачу разработки новых технологий. Так ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях погибает около 1,2 миллиона человек и до 50 миллионов получают травмы. 94 % этих аварий связаны с человеческой ошибкой.

Автономные автомобили с искусственным интеллектом – это технология, которая может положить этому конец. Долгое время это было мечтой человека, которая появлялась во многих научно-фантастических рассказах, телевизионных программах и фильмах. Но в последние несколько лет, по мере быстрого развития технологий, эта мечта стала очень близка к осуществлению.

Только представьте, будущее, в котором человек сможет сесть в машину и заниматься своими делами, пока она едет сама до пути назначения, уже совсем скоро. Конечно, до полной автоматизации транспортных средств дело пока не дошло. Хотя машины все больше становятся самостоятельными, участия водителя в процессе управления еще необходимо.

Общество автомобильных инженеров (SAE) установило несколько уровней автоматизации транспорта, зависящие от вовлечения человека в процесс:

Уровень 0 «без автоматизации»: Водитель полностью контролирует транспортное средство в любое время.

Уровень 1 «помощь водителю»: Отдельные элементы управления автомобилем автоматизированы, такие как электронный контроль устойчивости или автоматическое торможение. Водитель всегда должен контролировать ситуацию.

Уровень 2 «частичная автоматизация»: Автомобиль может одновременно управлять всем (газ, тормоз, руль) и ехать автоматически, однако водитель всегда должен быть готов принять управление.

Уровень 3 «условная автоматизация»: Автомобиль работает на автопилоте. Однако, в какой-то момент автомобиль может попросить принять управление на себя.

Уровень 4 «широкая автоматизация»: Как уровень 3, только участие водителя вообще не требуется. В случае конфликтной ситуации автомобиль попросит принять управление на себя. Если водитель не отреагирует автомобиль спокойно припаркуется самостоятельно.

Уровень 5 «полная автоматизация»: Полная автоматизация, автомобиль самостоятельно решает любую задачу без участия водителя.

Беспилотный автомобиль – это транспортное средство, оборудованное системой автоматического управления, которое может передвигаться без участия человека. Автономный автомобиль должен воспринимать окружающую среду, включая выбоины, дорожные знаки, пешеходов и другие транспортные средства. Более того, автомобиль должен прогнозировать изменения в окружающей среде, чтобы безопасно перемещаться. Автомобилю также нужен контроллер для принятия решений относительно управления, ускорения, замедления и торможения. Кроме того, ему необходимо планировать свое движение, используя обновления местоположения в режиме реального времени, чтобы добраться до места назначения. Плавное переключение полос движения при выборе наилучшего маршрута – это задачи, которые могут выполнить только современные беспилотные автомобили. Это формирует основу “обоснованных решений” в беспилотных автомобилях, основанных на решениях искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения.

Процесс, который позволит достичь этого, можно разделить на три части:

1. Сбор данных с транспортных средств (ТС). В этом помогает комбинация из трех основных технологий:

- Радарные датчики, установленные вокруг автомобиля, позволяют ему идентифицировать другие транспортные средства.

- Камеры сканируют дорогу в поисках пешеходов, велосипедистов и дорожных предметов, таких как знаки и светофоры.
- Лидарные (лазерные) датчики отслеживают края дороги и ищут белые линии, разделяющие полосы движения.

Затем эти данные обрабатываются и используются для передачи значимой информации в программы ИИ.

1. Принятие решений облачным ИИ. Собранные данные должны быть обработаны, и для ускорения процесса целесообразно отправлять их на сервер, поскольку в автомобиле физически невозможно разместить вычислительные мощности, схожие с серверами облака. Когда облако получает данные, запускаются алгоритмы ИИ, и эти данные обрабатываются. Механизм ИИ является мозгом всей этой системы и помогает принимать правильные решения. Он подключен к базе данных, которая действует как память, в которой хранится весь предыдущий опыт вождения миллионов водителей, как людей, так и автономных машин. В результате обработки получают и отправляются обратно инструкции для ТС.

2. Реализация возможностей ИИ. Основываясь на решениях, принимаемых ИИ, автономные машины знают, что делать, когда они сталкиваются с любой дорожной ситуацией, передвигаются без какого-либо вмешательства человека и безопасно достигают места назначения.

Теперь определившись, что такое беспилотный автомобиль и поняв, как он работает, давайте рассмотрим преимущества и недостатки данного автомобиля, чтобы понимать, как эта новая технология может поменять нашу жизнь.

Рассмотрим сначала самые главные преимущества беспилотного автомобиля:

- Прежде всего, это снижение смертности в авариях, вызванных ошибками автомобилистов. К сожалению, тот самый человеческий фактор лидирует среди причин ДТП и обгоняет все технические неисправности. Беспилотник же, не допускает ошибок, свойственных человеку. Во-первых, они не отвлекаются на телефон, не курят за рулем и не превышают скорость, а во-вторых, они лучше видят в темноте и распознают приближающиеся ландшафт радарам. По данным аналитических агентств, количество дорожно-транспортных происшествий благодаря беспилотных автомобилей сократится на 90 %. Это невероятная статистика, и она в конечном итоге станет решающим фактором во всех спорных вопросах с подобными машинами.

- Также нельзя не отметить колоссальную экономию времени. Поскольку человек будет освобожден от необходимости управлять автомобилем, у него появится время для отдыха и более важных дел.

- Минимизация пробок. Беспилотные машины соблюдают все правила дорожного движения. Поэтому со снижением количества аварий уменьшится и количество заторов, поврежденных автомобилей, занявших одну или несколько полос движения, станет меньше, и дороги станут свободнее.

- Инвалиды смогут использовать беспилотный автомобиль для перемещения из одного места в другое намного проще, чем сегодня.

- Путешественники на дальние расстояния смогут спать ночью в беспилотном автомобиле.

- Возможность транспортировки грузов в зонах высокой опасности, во время техногенных и природных катастроф.

- Улучшение мобильности для людей, которые не умеют водить.

Теперь рассмотрим недостатки беспилотного автомобиля:

- Огромным недостатком беспилотного автомобиля является то, что его использование в будущем лишит миллионы людей рабочих мест. Дальнбойщики, водители такси, водители доставки постепенно потеряют работу по мере перехода на автономные транспортные средства.

• Также совершенно очевидно, что беспилотные автомобили будут стоить намного дороже классических автомобилей. Поэтому далеко не все смогут позволить себе такую роскошь.

• Безопасность беспилотных автомобилей будет постоянной угрозой. Самоуправляемый автомобиль будет управляться искусственным интеллектом, который станет идеальной мишенью для хакеров, заинтересованных в том, чтобы украсть автомобиль или уничтожить его. Программное обеспечение безопасности должно быть приоритетом номер один в случае беспилотных транспортных средств. После взлома злоумышленник может взять под контроль беспилотное транспортное средство и изменить пункт назначения поездки, запереть двери и даже похитить людей внутри автомобиля вместе с автомобилем.

• Неправильное вождение из-за поврежденных датчиков. Так если какой-либо из датчиков будет поврежден, автомобиль поймет окружающую среду вокруг автомобиля с меньшей точностью, что может повлиять на навыки вождения ИИ. Такое транспортное средство становится опасным как для пассажиров внутри автомобиля, так и для других участников движения.

• Многим людям также очень нравится водить свои автомобили. Для них вождение автомобиля – это их хобби, и эти люди могут быть недовольны автономным автомобилем.

• Могут возникнуть некоторые проблемы, связанные со страхованием автономных автомобилей. В случае аварий может быть много дискуссий по вопросу о вине.

• Плохая погода может мешать правильной работе технических систем, поэтому исследователи также должны решить эту проблему, прежде чем автономные автомобили смогут использоваться широкой общественностью в больших масштабах.

Естественно, появление беспилотных автомобилей имеет больше положительных сторон, нежели отрицательных. Но к сожалению, несмотря на быстроразвивающиеся технологии, распространение таких транспортных средств будет происходить очень медленно по разным причинам. Остается надеяться, что все страны и люди готовы принять и перейти на новую ступень прогресса, которая уже не является несбыточной мечтой, а становится реальностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспилотный автомобиль. – Текст : электронный // Википедия - свободная энциклопедия : [сайт]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_автомобиль (дата обращения: 16.12.2022).
2. Беспилотные автомобили. – Текст : электронный // EssaysClub : [сайт]. – URL: <https://ru.essays.club/Экономические-дисциплины/Инновации/Беспилотные-автомобили-465408.html> (дата обращения: 16.12.2022).
3. Беспилотные автомобили: далекое будущее или близкая реальность?. – Текст : электронный // somanyhorses : [сайт]. – URL: <https://somanyhorses.ru/bespilotnye-avtomobili-dalekoe-buduschee-ili-blizkaya-realnost/> (дата обращения: 16.12.2022).
4. Горельчик, М. Р. Искусственный интеллект в автомобильной индустрии: варианты использования машинного обучения для самоуправляемых транспортных средств / М. Р. Горельчик. – Текст : непосредственный // Исследования молодых ученых : материалы XIV Междунар. науч. конф. (г. Казань, ноябрь 2020 г.). – Казань : Молодой ученый, 2020. – С. 8-11.
5. URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/382/16134/> (дата обращения: 16.12.2022).

СЕКЦИЯ 3

Мехатроника и робототехника на транспорте

УДК 681.521.35; 303.094.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ СВЕРЛИЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА МЕТОДОМ РАЗБИЕНИЯ НА ГРУППЫ

Антонова В.В.¹, Сандлер И.Л.^{1,2}

¹Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

²Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация: в данной работе рассматривается моделирование пневматической принципиальной схемы сверлильного полуавтомата, построенного методом разбиения на группы, применяемой в транспортной промышленности, а в частности, при производстве рельсошпальных решеток. Разработанная имитационная модель позволяет моделировать различные ситуации работы сверлильного полуавтомата, при эксплуатации технологического оборудования. Разработанная имитационная модель пневматической схемы сверлильного полуавтомата выполнена на базе программного обеспечения Fluidsim 4 библиотеки Pneumatic фирмы «Festo».

Ключевые слова: имитационная модель, переходные процессы, сверлильный полуавтомат, пневматическая принципиальная схема, fluidsim.

MODELING OF A PNEUMATIC CIRCUIT DIAGRAM OF A DRILLING SEMI-AUTOMATIC BY THE METHOD OF SPLITTING INTO GROUPS

Antonova V.V.¹, Sandler I.L.^{1,2}

¹Samara State University of Railway Transport

²Samara State Technical University

Abstract: in this paper, we consider the modeling of a pneumatic circuit diagram of a drilling semi-automatic, built by the method of splitting into groups, used in the transport industry, and in particular, in the production of rail grilles. The developed simulation model allows you to simulate various operating situations of a drilling semi-automatic, during the operation of technological equipment. The developed simulation model of the pneumatic circuit of the drilling semi-automatic is based on the Fluidsim 4 software of the Pneumatic library of the company "Festo".

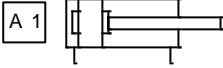
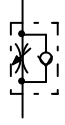
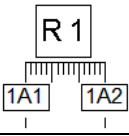
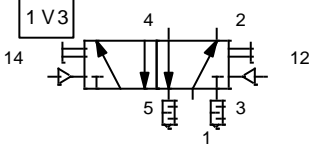

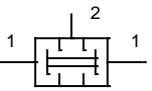
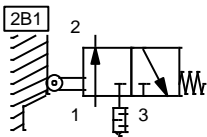
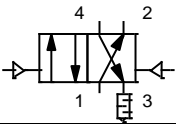
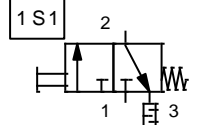
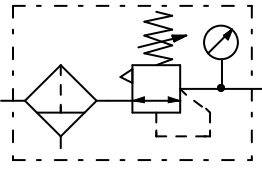
Keywords: simulation model, transients, drilling semi-automatic, pneumatic circuit diagram, fluidsim.

При производстве рельсошпальных решеток для укладки ж/д полотна в транспортной промышленности используются специальные сверлильные полуавтоматы, построенные на пневматическом приводе, управление которыми осуществляется посредством пневматических систем управления циклового действия. Как и любым другим системам, данной системе требуется модернизация. Одним из инструментов для усовершенствования является компьютерное моделирование, позволяющее не только изучить исследуемый объект, но и определить критические ситуации в работе системы управления сверлильного полуавтомата.

В работе рассматривается моделирование пневматической принципиальной схемы сверлильного полуавтомата, построенного методом разбиения на группы, выполненное на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Pneumatic фирмы «Festo» [1–6].

Разработанная имитационная модель пневматической принципиальной схемы сверлильного полуавтомата, построенного методом разбиения на группы, представлена на рисунке 1. Принятые обозначения элементов в имитационной модели, а также их вид представлены в таблице 1.

Обозначение составляющих элементов имитационной модели

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	A1, B1		Пневматический цилиндр двухстороннего действия
2	1V1, 1V2, 2V1, 2V2		Регулируемый дроссель с обратным клапаном
3	R1, R2		Дистанционная линейка (позиция штока цилиндра)
4	1V3, 2V3		Пневматический бистабильный распределитель типа 5/2 с пневматическим управлением и ручным дублированием с установленными глушителями шума
5	Air		Источник воздуха
6	1V4, 2V4, 1V6, 2V6		Пневматический логический элемент «И»
7	1V5, 2V5, 1V7, 2V8		моностабильный пневматический распределитель типа 3/2 с механическим управлением типа «Ролик» и с установленным глушителем шума
8	0V1		бистабильный пневматический распределитель типа 4/2 с пневматическим управлением и с установленным глушителем шума
9	1S1		моностабильный пневматический распределитель типа 3/2 с ручным управлением типа «Кнопка» и с установленным глушителем шума
10	0Z1		блок подготовки воздуха

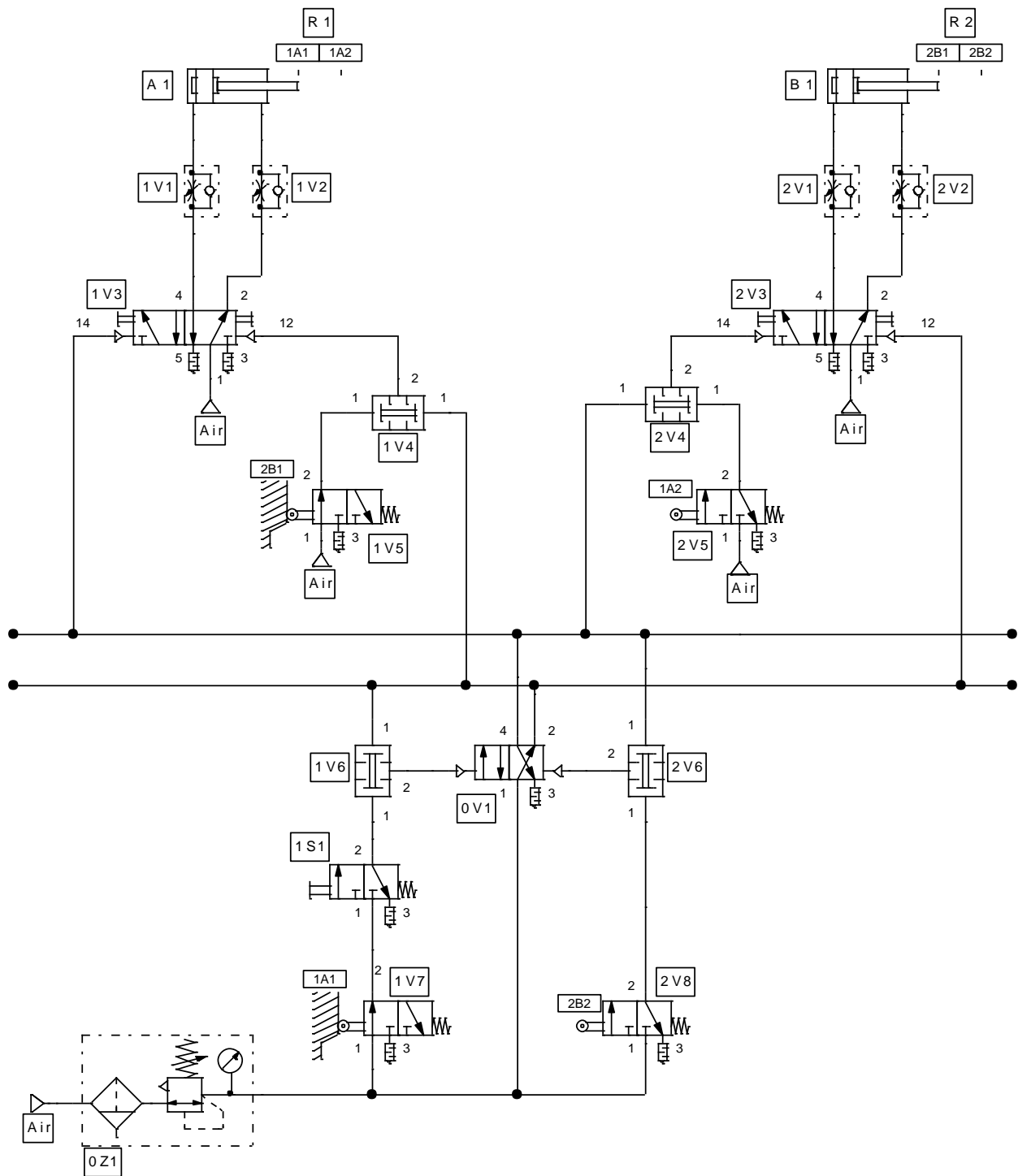


Рис. 1. Имитационная модель пневматической принципиальной схемы сверлильного полуавтомата, построенного методом разбиения на группы

Переходные процессы имитационной модели пневматической принципиальной схемы сверлильного полуавтомата, построенного методом разбиения на группы, представленные на рисунке 2. На рисунке 2 приняты следующие обозначения: «A1, Position mm» – перемещение штока цилиндра (группа A), мм; «A1, Velocity m/s» – скорость перемещения штока цилиндра (группа A), м/с; «A1, Acceleration m/s²» – ускорение штока цилиндра (группа A), м/с²; «A1, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра (группа A), Н; «B1, Position mm» – перемещение штока цилиндра (группа B), мм; «B1, Velocity m/s» – скорость перемещения штока цилиндра (группа B), м/с; «B1, Acceleration m/s²» – ускорение штока цилиндра (группа B), м/с²; «B1, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра (группа B), Н; «1S1,

Switching position» – состояние моностабильного пневматического распределителя типа 3/2 с ручным управлением типа «Кнопка», «0 – исходное состояние», «а – рабочее состояние»; «1V7, Switching position» – состояние моностабильного пневматического распределителя типа 3/2 с механическим управлением типа «Ролик», «0 – исходное состояние», «а – рабочее состояние».

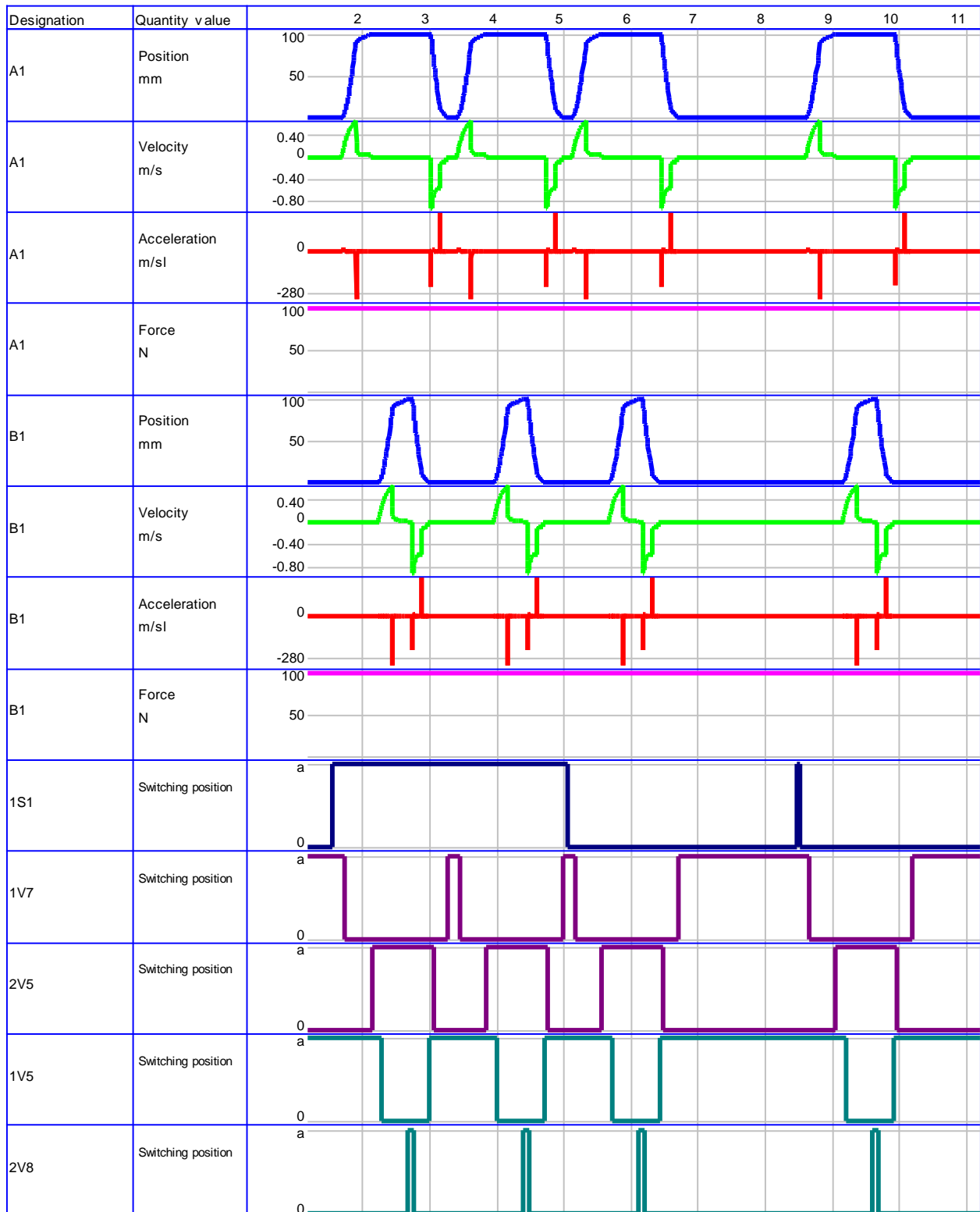


Рис. 2. Переходные процессы имитационной модели пневматической принципиальной схемы сверлильного полуавтомата, построенного методом разбиения на группы

«2V5, Switching position» – состояние моностабильного пневматического распределителя типа 3/2 с механическим управлением типа «Ролик», «0 – исходное состояние», «а – рабочее состояние»; «1V5, Switching position» – состояние моностабильного пневматического распределителя типа 3/2 с механическим управлением типа «Ролик», «0 – исходное состояние», «а – рабочее состояние»; «2V8, Switching position» – состояние моностабильного пневматического распределителя типа 3/2 с механическим управлением типа «Ролик», «0 – исходное состояние», «а – рабочее состояние».

В результате моделирования имитационной модели пневматической принципиальной схемы сверлильного полуавтомата, построенного методом разбиения на группы, цилиндры которой находились при постоянной нагрузке на шток (=100 Н), были получены адекватные переходные процессы работы системы, соответствующие рабочему процессу.

Разработанная имитационная модель пневматической принципиальной схемы сверлильного полуавтомата, построенного методом разбиения на группы, может найти применение при улучшении существующих систем сверлильных полуавтоматов различного назначения, а в частности, в производстве рельсошпальных решеток транспортной промышленности. Полученная имитационная модель также может найти применение в учебном процессе при изучении пневмоприводов и пневматических систем управления, тем самым, позволит расширить возможность изучения студентами технических специальностей режимы работы сверлильного полуавтомата.

Дальнейшим направлением работы является введение в имитационную модель возможность электропневматического и микроконтроллерного управления, а также сбора и обработки информации с использованием результатов работ [7–10], посвященные идентификации систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" - 2005, - 145 с.
2. 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 бистабильного силового распределителя на базе пакета FLUIDSIM // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 135-138.
3. Антонова В.В., Рудаков А.А. Моделирование прямого управления пневматическим цилиндром двустороннего действия при выполнении одиночного цикла от положения А- к положению А+ с автоматическим возвратом с помощью логического элемента "НЕТ" на базе пакета FLUIDSIM 4 библиотеки PNEUMATIC // ПРОРЫВНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ПРОБЛЕМЫ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ. сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. 2019. С. 54-57.
4. Рудаков, А. А. Имитационная модель пневматической системы штангоулавливания / А. А. Рудаков, И. В. Сургучев, И. Л. Сандлер // Дни студенческой науки : Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 96-98. – EDN HUMBGT.
5. Терехин, М. А. Имитационная модель пневматической системы управления цилиндром двухстороннего действия при помощи бистабильного распределителя 5/2 и логических элементов "и", "или" / М. А. Терехин // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – С. 158-162. – EDN XULNOS.
6. Сафин Р.Р. , Рудаков А.А. ,Антонова В.В., Болгов А.В., Терехин М.А. Имитационная модель сортировочной линии с пневматическими толкателями технологического процесса изготовления простейших крепежных деталей // Наука и образование транспорту. – 2020. – № 2. – С. 49-52. – EDN UAJBHY.
7. Сандлер, И. Л. Программная реализация рекуррентного алгоритма оценивания параметров многомерных линейных динамических систем с автокоррелированными помехами / И. Л. Сандлер, Д. И. Иванов, Д. И. Митрошин // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – С. 154-156. – EDN BGDORS.
8. Identification of FARARX models with errors in variables / D. V. Ivanov, I. L. Sandler, O. A. Katsyuba, V. N. Vlasova // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – Vol. 1031. – P. 481-487. – DOI 10.1007/978-981-13-9406-5_59. – EDN XLBBSY.
9. Identification of slide valve dynamics with errors in variables / D. V. Ivanov, I. L. Sandler, E. A. Burtseva, V. N. Vlasova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Novosibirsk, 12–14 декабря 2018 года. Vol. 560. – Novosibirsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012021. – DOI 10.1088/1757-899X/560/1/012021. – EDN WDRKCG.
10. Сандлер, И. Л. Рекуррентный алгоритм оценивания параметров многомерных дискретных линейных динамических систем разного порядка с ошибками по входу / И. Л. Сандлер // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – Т. 23. – № 124. – С. 707-716. – DOI 10.20310/1810-0198-2018-23-124-707-716. – EDN YKKWXJ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА КРИВОШИПНОГО ПРЕССА

Антонова В.В., Кормаков А.А., Терехин М.А., Бурцева Е.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: в данной работе рассматривается моделирование пневматической принципиальной схемы привода кривошипного пресса, используемый в промышленности. Имитационная модель, дает возможность моделировать различные ситуации работы привода кривошипного пресса, при эксплуатации производственного оборудования во избежание внештатных ситуаций, например, выхода из строя элементов системы при неправильном разделении нагрузочной способности. Разработанная имитационная модель пневматической схемы управления привода кривошипного пресса построена на базе программного обеспечения Fluidsim 4 Pneumatic фирмы «Festo».

Ключевые слова: имитационная модель, переходные процессы, кривошипный пресс, пневматическая принципиальная схема, fluidsim.

SIMULATION OF THE PNEUMATIC CONTROL SYSTEM OF THE CRANK PRESS DRIVE

Antonova V.V., Kormakov A.A., Terekhin M.A., Burtseva E.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. In this paper, modeling of a pneumatic circuit diagram of a crank press drive used in industry is considered. The simulation model makes it possible to simulate various operating situations of the crank press drive, during the operation of production equipment, in order to avoid emergency situations, for example, failure of system elements with incorrect separation of load capacity. The developed simulation model of the pneumatic control circuit of the crank press drive is based on the Fluidsim 4 Pneumatic software of the company "Festo".

Keywords: simulation model, transients, crank press, pneumatic circuit diagram, fluidsim.

В настоящее время на различных предприятиях используется кривошипный пресс [1–3]. Обладает данный тип пресса высококачественным уровнем работы, что и является его главным преимуществом. Данный тип пресса необходим для штамповки различных деталей, при работе с металлическими поверхностями с помощью холодного воздействия.

Имитационная модель пневматической системы управления привода кривошипного пресса (см. рисунок 1) и релейно-контакторная система привода кривошипного пресса (см. рисунок 2) разработаны на базе пакета Fluidsim 4 Pneumatics [4–8].

Имитационная модель пневматической системы управления привода кривошипного пресса состоит из следующих блоков: кнопка, односторонний цилиндр с возвратной пружиной и электромагнитным управлением, блок подготовки воздуха, дроссельный клапан, моностабильный распределитель 2/2 с электромагнитным управлением, моностабильный распределитель 4/2 с электромагнитным управлением, моностабильный распределитель 4/2, фильтр, ресивер, нерегулируемый дроссельный клапан.

Имитационная модель релейно-контакторной системы привода кривошипного пресса состоит из следующих блоков: кнопка с фиксацией, нормально-открытые контакты, контакторы, электромагнитные клапаны (соленоиды), а также шины питания.

Рассмотрим работу релейно-контакторной системы пневматической схемы привода кривошипного пресса в двух рабочих состояниях (А и Б), представленную на рисунке 3.

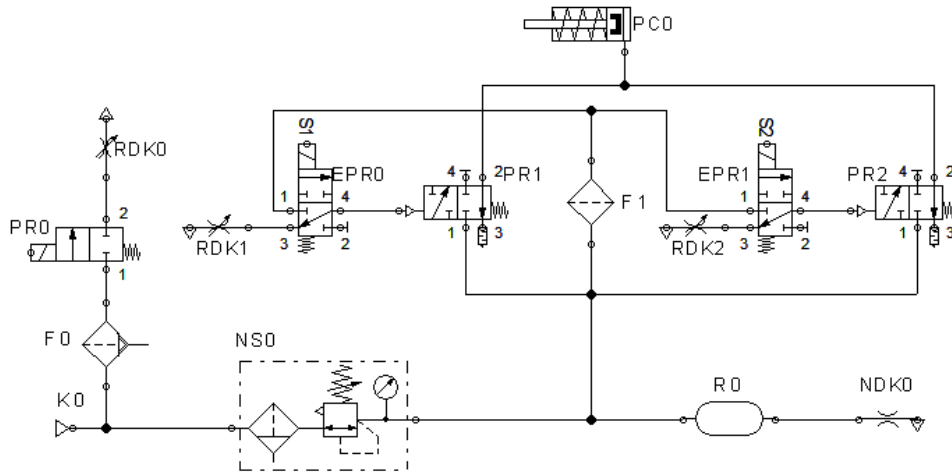


Рис. 1. Имитационная модель пневматической системы управления привода кривошипного пресса

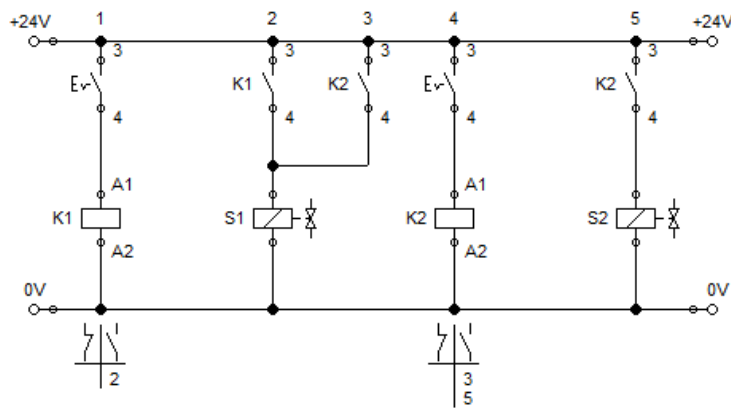


Рис. 2. Имитационная модель релейно-контакторная система привода кривошипного пресса

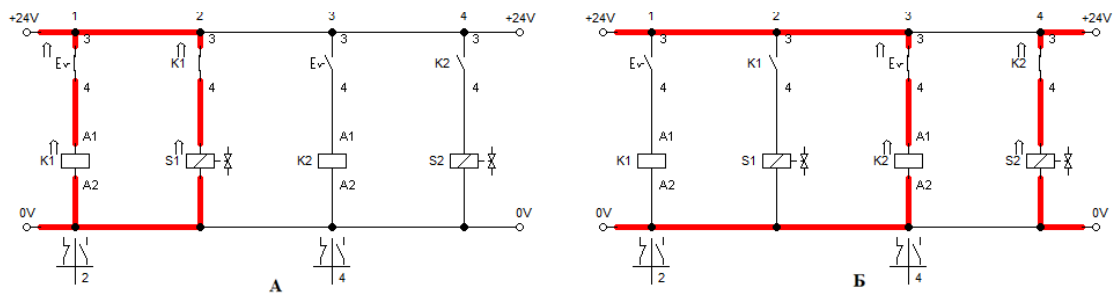


Рис. 3. Релейно-контакторная система пневматической схемы привода кривошипного пресса:
А – Рабочий режим № 1; Б – Рабочий режим № 2

Работа релейно-контакторной системы заключается в следующем: при осуществлении управляющего воздействия на кнопку (см. рисунок 3 – А, ветвь №1), включая реле K1 и замыкая нормально-разомкнутый контакт K1, подается электрический сигнал на соленоидный клапан S1 (см. рисунок 3–А). После чего распределитель EPR0 переходит в левое рабочее положение (см. рисунок 1, рисунок 4–Б). Далее управляющее воздействие осуществляется на кнопку (см. рисунок 3 – Б, ветвь №3), включая реле K2 и замыкая нормально-разомкнутый контакт K2, подается электрический сигнал на соленоид S2 (см. рисунок 3–Б). После чего распределитель EPR1 переходит в левое рабочее положение (см. рисунок 1).

На рисунке 4 представлена работа имитационной модели пневматической принципиальной схемы привода кривошипного пресса.

Описание моделирования работы имитационной модели, изображенной на рисунке 4 – Б: активируются распределители EPR0, EPR1 и под воздействием воздуха переключаются в левое рабочее положение, после чего рабочая среда заполняет бесштоковую полость цилиндра, шток которого выдвигается медленно, за счет наличия у распределителя PR2 глушителя, стравливающего воздух.

Описание моделирования работы имитационной модели, изображенной на рисунке 4 – В: бесштоковая полость цилиндра заполнена воздухом, шток полностью выдвинут.

Описание моделирования работы имитационной модели, изображенной на рисунке 4 – Г: снимается управляющее воздействие с распределителя EPR0, после чего он возвращается в исходное положение (правое), аналогичным образом распределитель EPR1 переключается в исходное положение (правое). Цилиндр втягивается.

При моделировании пневматической принципиальной схемы привода кривошипного пресса были получены переходные процессы (см. рисунок 5): «PC0, Position mm» – перемещение поршня цилиндра, мм; «PC0, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «PC0, Acceleration m/s²» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «PC0, Force N» – усилие, действующее на поршень цилиндра, Н

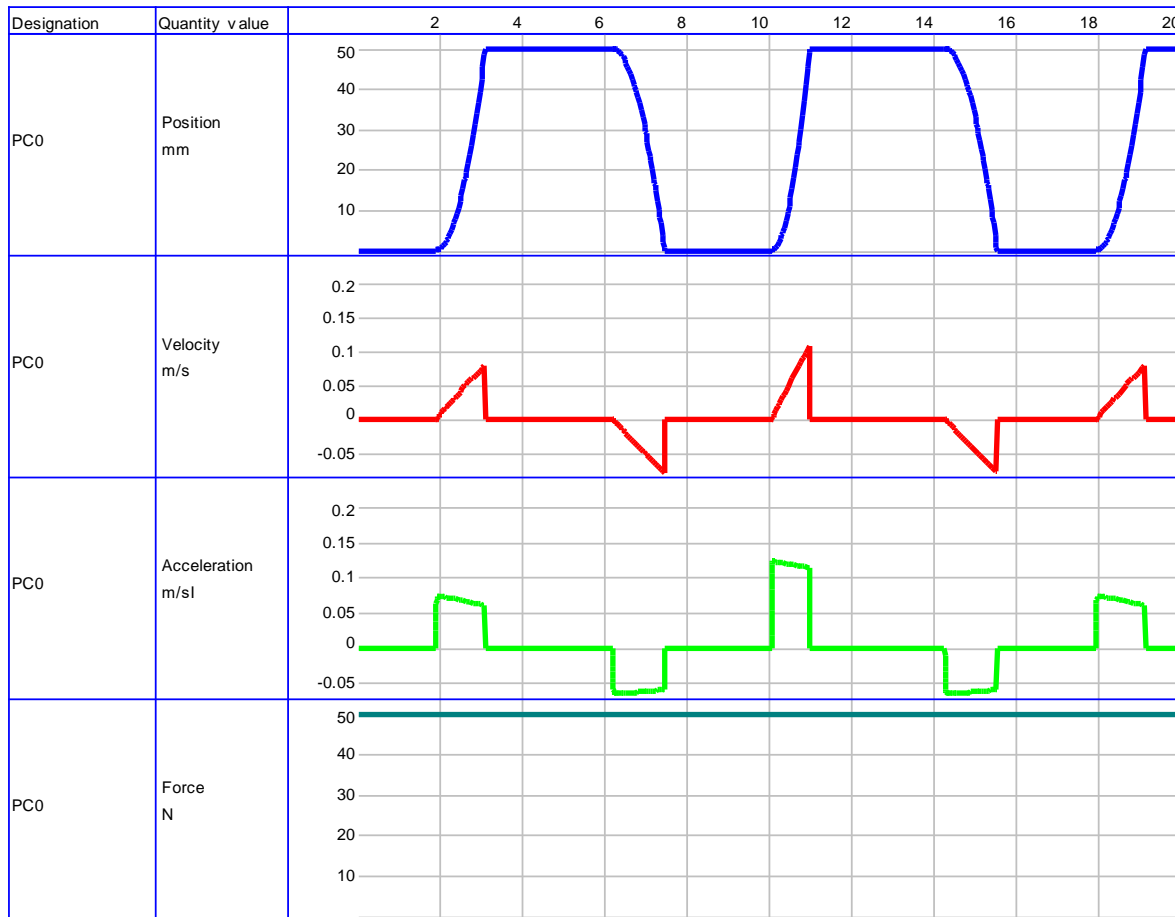


Рис. 5. Графики переходных процессов

Данная имитационная модель может применяться при проектировании кривошипных прессов. Полученные результаты имеют теоретическую значимость и могут быть использованы для подготовки бакалавров по направлению: 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Дальнейшим развитием тематики является повышение безопасности устройства путем внедрения в релейно-контакторную систему управления дополнительной ветки, блокирующей

одновременное использование двух распределителей EPR0 и EPR1, а также улучшение работы системы путем внедрения алгоритмов идентификации, представленные в работах [9–12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свистунов В.Е. Кузнечно-штамповочное оборудование. Кривошипные прессы: учеб. пособие: [по специальности 150201 "Машины и технология обраб. металлов давлением"]. – М.: МГИУ, 2008, – 698 с.
2. Кишкин И.В. Оборудование кузнечно-штамповочных цехов. Часть 1. Кривошипные машины. Учеб. пособие для практических занятий. – Электросталь: ЭПИ МИСиС, 2006. – 114 с.
3. Петров, А. Н. Теория обработки металлов давлением: штампы, износ и смазочные материалы : учебное пособие для вузов / А. Н. Петров, П. А. Петров, М. А. Петров. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 130 с.
4. FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" - 2005, - 145 с.
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 бистабильного силового распределителя на базе пакета FLUIDSIM // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 135-138.
6. Антонова В.В., Рудаков А.А. Моделирование прямого управления пневматическим цилиндром двустороннего действия при выполнении одиночного цикла от положения А- к положению А+ с автоматическим возвратом с помощью логического элемента "НЕТ" на базе пакета FLUIDSIM 4 библиотеки PNEUMATIC // В сборнике: ПРОРЫВНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ПРОБЛЕМЫ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ. сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. 2019. С. 54-57.
7. Рудаков, А. А. Имитационная модель пневматической системы штангоулавливания / А. А. Рудаков, И. В. Сургучев, И. Л. Сандлер // Дни студенческой науки : Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 96-98. – EDN HUMBGT.
8. Терехин, М. А. Имитационная модель пневматической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи бистабильного распределителя 5/2 и логических элементов "и", "или" / М. А. Терехин // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – С. 158-162. – EDN XULNOS.
9. Identification of slide valve dynamics with errors in variables / D. V. Ivanov, I. L. Sandler, E. A. Burtseva, V. N. Vlasova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Novosibirsk, 12–14 декабря 2018 года. – Novosibirsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012021. – DOI 10.1088/1757-899X/560/1/012021.
10. Сандлер, И. Л. Программная реализация рекуррентного алгоритма оценивания параметров многомерных линейных динамических систем с автокоррелированными помехами / И. Л. Сандлер, Д. И. Иванов, Д. И. Митрошин // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – С. 154-156. – EDN BGDORS.
11. Сандлер, И. Л. Рекуррентный алгоритм оценивания параметров многомерных дискретных линейных динамических систем разного порядка с ошибками по входу / И. Л. Сандлер // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – Т. 23. – № 124. – С. 707-716. – DOI 10.20310/1810-0198-2018-23-124-707-716. – EDN YKKWXJ.
12. Identification of FARARX models with errors in variables / D. V. Ivanov, I. L. Sandler, O. A. Katsyuba, V. N. Vlasova // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – Vol. 1031. – P. 481-487. – DOI 10.1007/978-981-13-9406-5_59. – EDN XLBBSY.

УДК 629.733+656.259.12

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ХОЗЯЙСТВА АВТОМАТИКИ ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА ОСНОВЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Башаркин М.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье предложено использование беспилотных летательных аппаратов в хозяйстве автоматики и телемеханики для выполнения технологического процесса по проверке станционных рельсовых цепей на шунтовую чувствительность. Рассмотрены основные преимущества предлагаемого подхода по сравнению с существующим, проведена оценка изменения нормы времени.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, дрон, рельсовая цепь, шунтовая чувствительность, технологический процесс.

PROCESS TRANSFORMATION AUTOMATION AND REMOTE CONTROL SERVICEBASED ON UNMANNED AERIAL VEHICLES

Basharkin M.B.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The paper proposes the use of unmanned aerial vehicles in the automation and remote control service to carry out the technological process of checking station track circuits for shunt sensitivity. The main advantages of the proposed approach in comparison with the existing one have been considered, the time rate change has been estimated.

Keywords: unmanned aerial vehicles, drone, track circuit, shunt sensitivity, technological process.

Введение. Технологии четвертой промышленной революции повсеместно внедряются в нашу жизнь. Широкое применение они находят и на железнодорожном транспорте. Для технической учебы используют VR-тренажеры [1]. В сервисном обслуживании локомотивов задействована технология блокчейна [2]. Проводятся испытания первого в стране беспилотного поезда [3].

В хозяйстве автоматики и телемеханики с середины 90-х годов XX века, за несколько лет до начала развития технологий «Индустрии 4.0», началось внедрение систем технического диагностирования и мониторинга (СТДМ). Направленная на непрерывный контроль технического состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики и своевременную передачу информации об их потенциальных отказах СТДМ не позволяет заменить технологические процессы (ТП), выполняемые эксплуатационным персоналом [4].

Одним из таких процессов является «Проверка станционных рельсовых цепей на шунтовую чувствительность». В соответствии с технико-нормировочной картой при проверке одноточечной рельсовой цепи шунт сопротивлением 0,06 Ом требуется накладывать на релейном и питающем концах рельсовой цепи (РЦ), а также через каждые 100 м по всей длине. При проверке тональной РЦ шунт накладывается три раза: на питающем конце, в середине и на релейном конце. У разветвленных РЦ шунт следует наложить на каждое ответвление [5]. Работа выполняется в два лица и требует постоянного участия дежурного по станции (ДСП) для информирования о движении поездов и состоянии проверяемой РЦ. Такой подход трудоемок и требует высокой концентрации от ДСП, контролирующей одновременно ход выполнения работ и поездную обстановку на станции.

Трансформацию ТП предлагается осуществить за счет применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), подтвердивших свою эффективность в таких областях как доставка грузов, мониторинг объектов коммунального хозяйства, электроэнергетики, трубопроводов.

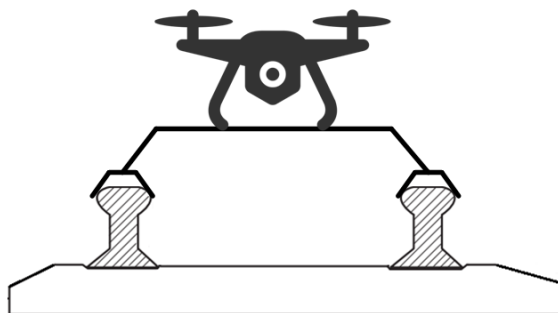


Рис. 1. Проверка РЦ на шунтовую чувствительность с использованием БПЛА

В качестве основных преимуществ применения БПЛА для проверки РЦ на шунтовую чувствительность можно выделить следующие:

- снижение трудоемкости в связи с изменением количества персонала, задействованного при выполнении ТП (1 оператор БПЛА вместо 2 работников из числа эксплуатационного персонала);

- исключение травматизма и несчастных случаев из-за отсутствия необходимости нахождения работников на путях;
- снижение трудозатрат из-за изменения скорости проследования РЦ беспилотным летательным аппаратом по сравнению с человеком.

Оценку изменения нормы времени, необходимой на выполнение ТП при использовании БПЛА ($t_{\text{БПЛА}}$) по сравнению с существующим подходом ($t_{\text{ЭП}}$) для тональной РЦ длиной $l = 800$ м проведем по формуле:

$$\Delta t_{\text{ТП}} = t_{\text{ЭП}} - t_{\text{БПЛА}}. \quad (1)$$

Время $t_{\text{ЭП}}$ представляет собой совокупность времени затрачиваемого на проверку эксплуатационным персоналом шунтовой чувствительности на питающем конце РЦ ($t_{\text{п}}$), в середине РЦ ($t_{\text{с}}$) и на релейном конце РЦ ($t_{\text{р}}$), а также времени на переход работников от питающего конца до середины РЦ ($t_{\text{пс}}$) и от середины до релейного конца ($t_{\text{рс}}$):

$$t_{\text{ЭП}} = t_{\text{п}} + t_{\text{пс}} + t_{\text{с}} + t_{\text{рс}} + t_{\text{р}}. \quad (2)$$

Время $t_{\text{БПЛА}}$ представляет собой совокупность времени затрачиваемого на проверку БПЛА шунтовой чувствительности на питающем конце РЦ ($t'_{\text{п}}$), в середине РЦ ($t'_{\text{с}}$) и на релейном конце РЦ ($t'_{\text{р}}$), а также времени на перемещение БПЛА от питающего конца до середины РЦ ($t'_{\text{пс}}$) и от середины до релейного конца ($t'_{\text{рс}}$):

$$t_{\text{БПЛА}} = t'_{\text{п}} + t'_{\text{пс}} + t'_{\text{с}} + t'_{\text{рс}} + t'_{\text{р}}. \quad (3)$$

Подставим (2), (3) в (1), приняв $t_{\text{п}} = t_{\text{с}} = t_{\text{р}} = t'_{\text{п}} = t'_{\text{с}} = t'_{\text{р}}$, $t_{\text{пс}} = t_{\text{рс}}$, $t'_{\text{пс}} = t'_{\text{рс}}$ и окончательно получим:

$$\Delta t_{\text{ТП}} = 2(t_{\text{пс}} - t'_{\text{пс}}). \quad (4)$$

С учетом того, что средняя скорость движения работника составляет $v_{\text{ЭП}} = \frac{l}{2t_{\text{пс}}}$, а БПЛА $v_{\text{БПЛА}} = \frac{l}{2t'_{\text{пс}}}$, формула (4) примет вид:

$$\Delta t_{\text{ТП}} = l \left(\frac{v_{\text{БПЛА}} - v_{\text{ЭП}}}{v_{\text{БПЛА}} \cdot v_{\text{ЭП}}} \right). \quad (5)$$

При средней скорости движения БПЛА, предназначенных для переноски грузов, $v_{\text{БПЛА}} = 12$ м/с и средней скорости движения работников $v_{\text{ЭП}} = 1,2$ м/с, $\Delta t_{\text{ТП}} = 600$ с = 10 мин на одну РЦ.

Заключение. Рассмотренный подход выполнения ТП по проверке станционных рельсовых цепей на шунтовую чувствительность с использованием БПЛА позволяет снизить трудоемкость, трудозатраты и исключить травматизм.

На следующем этапе работы необходимо рассмотреть возможность автоматизации выполнения ТП с использованием БПЛА, а также варианты применения БПЛА в других ТП хозяйства автоматике и телемеханики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пестрикова, А. А. Цифровая трансформация повышения квалификации персонала предприятия / А. А. Пестрикова, М. Б. Дюжева // Актуальные проблемы современной экономики : Материалы IX международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Омск, 03 июня 2021 года. Том Часть 2. – Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 170-174. – EDN QQPYRD.
2. Гулый, И. М. Экономическая оценка тенденций цифровой трансформации российского железнодорожного транспорта / И. М. Гулый // Транспортное дело России. – 2021. – № 3. – С. 37-39. – DOI 10.52375/20728689_2021_3_37.
3. Попов, П. А. Беспилотные поезда: основные принципы работы / П. А. Попов // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 8. – С. 36-38.
4. Ефанов, Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов. – Санкт-Петербург : Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2016. – 171 с. – ISBN 978-5-7641-0933-6.
5. Технично-нормировочная карта № ТНК ЦШ 0178-2015. Электрические цепи. Проверка станционных рельсовых цепей на шунтовую чувствительность: утв. ОАО «РЖД», 08.10.2015. – 6 с.

УДК 004.94

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ОХЛАЖДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКСТРУЗИОННОЙ ЛИНИИ

Безьязыкова Л.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе представлено проектирование составных элементов конструкции системы охлаждения лабораторной экструзионной линии при помощи программного комплекса САПР SolidWorks. Результатом работы является полученные 3D модели охлаждающей ёмкости, холодной водяной ванны, ёмкости шнека экструдера и воздушного охлаждения.

Ключевые слова: проектирование, 3D модель, охлаждающее устройство, экструзионная линия, SolidWorks.

DESIGN OF THE DESIGN ELEMENTS OF THE COOLING DEVICE OF THE LABORATORY EXTRUSION LINE

Bezzyazkova L.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. This paper presents the design of the components of the design of the cooling system of the laboratory extrusion line using the CAD software package SolidWorks. The result of the work is the obtained 3D models of the cooling tank, cold water bath, extruder screw capacity and air cooling.

Keywords: design, 3D model, cooling device, extrusion line, SolidWorks.

На сегодняшний день процесс экструзии полимеров является одним из возможных методов производства различных пластиковых деталей и изделий [1, 2], при котором возникает проблема охлаждения, изготавливаемого филамента, а также проблема стабилизации температурного барьера между бункером и шнеком экструдера.

Поскольку на рынке производителей основной сегмент охлаждающих устройств предназначен для крупногабаритных промышленных экструзионных линий, возникает потребность в охладительных установках меньших размеров и мощностей, которые будут применяться непосредственно в миниатюрных лабораторных линиях [2].

Также нельзя не заметить, что существует необходимость в смешанном виде охлаждения: жидкостном и воздушном, что позволит повысить эффективность процесса охлаждения.

Исходя из вышесказанного проектирование элементов конструкции охлаждающей установки лабораторного экструдера с воздушно-жидкостным охлаждением является актуальной задачей.

В состав системы охлаждения входят следующие элементы:

- бак ёмкостью 200 мл;
- бак ёмкостью 5 л;
- элемент Пельтье;
- система воздушного охлаждения, состоящая из 6 вентиляторов, по 3 с каждой стороны;
- пассивно-активная система отведения горячего воздуха от элемента Пельтье, состоящая из радиатора и вентилятора;
- охлаждающей ёмкости прутка филамента верхнего яруса;
- охлаждающей ёмкости прутка филамента нижнего яруса.

Проектирование составных частей конструкции охлаждающего устройства проводилось в программном комплексе САПР SolidWorks, который позволяет проектировать изделия различного уровня сложности и назначения. Одним из преимуществ данной системы автоматизированного проектирования является понятный и удобный пользовательский графический интерфейс, а также возможность взаимодействия с офисным пакетом приложений Microsoft Office и другими приложениями Windows. Программный комплекс полностью русифицирован. К преимуществам также относятся широкие возможности для оформления необходимой конструкторской документации, а результаты проведённых прочностных расчётов спроектированных моделей приближены к реальным условиям, что позволяет проанализировать адекватность выбранных решений и материалов из которых планируется изготовить детали.

3D модели элементов конструкции охлаждающего устройства лабораторной экструзионной линии представлены на рисунке 1.

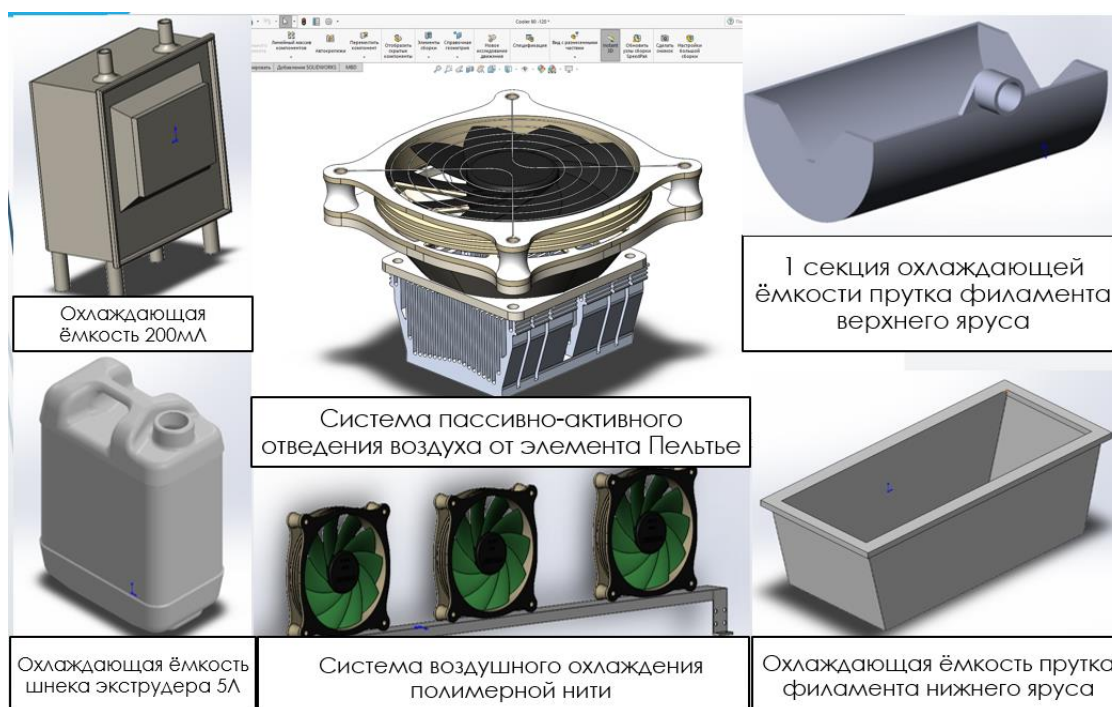


Рис. 1. 3D модели элементов конструкции охлаждающего устройства лабораторной экструзионной линии

Рассмотрим подробнее каждый элемент системы. 3D-модель охлаждающей ёмкости 200 мл имеет следующий вид (см. рисунок 1). В верхней части бака находится ввод и вывод жидкости. Нижняя часть оснащена четырьмя ножками. Слив жидкости расположен в нижней части бака по центру дна. На боковой части бака имеется место для установки элемента Пельтье.

Холодная водяная ванна состоит из двух ёмкостей, расположенных в два яруса: верхний и нижний. 3D-модель охлаждающей ёмкости прутка филамента нижнего яруса представляет собой усеченную пирамиду, нижняя часть ёмкости как раз является усеченной вершиной пирамиды. Верхняя часть имеет бортик, предназначенный для предотвращения расплескивания воды за пределы ёмкости. Габаритные размеры ёмкости соответственно равны 400×150×165 мм. Предполагаемый материал – пластик.

3D-модель одной секции охлаждающей ёмкости прутка филамента верхнего яруса представляет собой одну из половин цилиндра при сечении по оси, имеющую вырезы в форме равнобедренной трапеции на боковых сторонах для стекания жидкости в нижний ярус. Также имеется цилиндрическое крепление для трубок, по которым будет циркулировать жидкость. Габаритные размеры ёмкости соответственно равны 300×30×120 мм. Предполагаемый материал – пластик.

3D-модель охлаждающей ёмкости шнека экструдера представляет собой канистру из пластика. Габаритные размеры ёмкости соответственно равны 390×300×240 мм.

Охлаждающее устройство экструзионной линии состоит из двух систем воздушного охлаждения: одна отвечает за отвод тепла от элемента Пельтье, размещенного на баке 200 мл, а вторая за отвод теплого воздуха от поверхности воды в верхнем ярусе холодной водяной ванны. 3D-модель системы пассивно-активного отведения тепла от элемента Пельтье включает в себя алюминиевый радиатор, на который при помощи винтового соединения прикреплён вентилятор с решёткой гриль. Габаритные размеры соответственно равны 110×95×65 мм.

3D-модель воздушного охлаждения полимерной нити состоит из двух реек на каждой из которых размещены 3 вентилятора, при этом на концах реек закреплены металлические уголки, предназначенные для крепления системы. Вентиляторы имеют габаритные размеры 80×80×25 мм. Уголок имеет габаритные размеры 125×65×55. Длина рейки равна 360 мм.

В результате проектирования конструкции охладительной установки получены 3D модели следующих элементов системы: охлаждающих ёмкостей 200 мл и 5 л, системы пассивно-активного отведения воздуха от элемента Пельтье, систему воздушного охлаждения полимерной нити, охлаждающие ёмкости верхнего и нижнего яруса.

Дальнейшим развитием тематики является разработка действующего макета охлаждающего устройства лабораторной экструзионной линии, а также разработка имитационной модели САУ с идентификацией [3–9]. Достигнутые результаты могут быть использованы при разработке конструкций охлаждающих установок, в том числе при проектировании систем охлаждения экструдеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К. Раувендааль. Экструзия полимеров. Санкт-Петербург, "Профессия", 2008 -768с
2. Терехин М.А., Иванов Д.В. Разработка системы автоматического управления тянущего устройства // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 99-100. – EDN DJKIED.
3. Терехин М.А. Моделирование однофазного управляемого выпрямителя с нулевым выводом и подключаемым нулевым диодом на базе пакета MATLAB // Дни студенческой науки: Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 06–16 апреля 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 188-189. – EDN CKZDVA.
4. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.
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 // 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.

6. Ivanov, D.V., Katsyuba O.A. Recurrent identification of autoregression in the presence of observation noises in output signal // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009; Proceedings : International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009, 27–28 марта 2009 года / sponsors: Russian Found. Basic Res. RBFR proj. 09-07-06004, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Radar R and D. – Tomsk, 2009. – P. 79-82. – DOI 10.1109/SIBCON.2009.5044833. – EDN MXBYZJ.

7. 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.

8. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики Северная осетия-Алания, министерство РСО-алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – ВЛАДИКАВКАЗ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL.

9. Авсиевич, А. В. Рекуррентное оценивание параметров нелинейных динамических объектов класса ГамМерштейна с помехой на выходе / А. В. Авсиевич, Д. В. Иванов // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 5(60). – С. 43-50. – EDN MUKZEN.

УДК 004.42

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХЛАЖДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКСТРУЗИОННОЙ ЛИНИИ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА

Безъязыкова Л.А., Бурнаевский Д.К., Зарипов Р.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: в настоящей статье разработана система управления охлаждающего устройства лабораторной экструзионной линии на базе ПЛК. Результатом работы является полученные структурная и функциональные схемы охлаждающего устройства лабораторной экструзионной линии, а также алгоритм работы системы управления и его программная реализация.

Ключевые слова: ПЛК, структурная схема, охлаждающее устройство, экструзионная линия, функциональная схема, алгоритм работы, программная реализация.

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR A COOLING DEVICE OF A LABORATORY EXTRUSION LINE BASED ON A PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

Bezzyazkova L.A., Burnaevsky D.K., Zaripov R.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: in this article, a control system for the cooling device of a laboratory extrusion line based on a PLC has been developed. The result of the work is the obtained structural and functional schemes of the cooling device of the laboratory extrusion line, as well as the algorithm of the control system and its software implementation.

Keywords: PLC, block diagram, cooling device, extrusion line, functional diagram, operation algorithm, software implementation.

В настоящее время невозможно представить современное производство и быт без систем охлаждения, они применяются в компьютерах, двигателях, а также в производственных линиях.

Существуют несколько типов систем охлаждения: жидкостная; воздушная; комбинированная. В экструзионных линиях по производству полимерного прутка филамента эффективнее использовать комбинированную систему охлаждения [1].

Разрабатываемая система управления охлаждающего устройства предназначается для регулирования температуры в охлаждающей ёмкости, из которой охлаждающая жидкость (вода) будет циркулировать в холодную водяную ванну и водяное кольцо экструдера.

Функциональные возможности:

- автоматическое регулирование температуры охлаждающей жидкости;
- аварийное торможение системы;
- контроль температуры охлаждающей жидкости в режиме реального времени;
- сбор и хранение данных о температуре охлаждающей жидкости.

Функциональная схема охлаждающего устройства представлена на рисунке 1. Технологическая информация от датчиков температуры поступает в виде аналогового сигнала в микроконтроллер, который преобразует поступившую информацию, в соответствующие токи и напряжения, тем самым подает управляющее воздействие на элемент Пельтье, насос, кулер горячей стороны элемента Пельтье и блок вентиляторов. Питание вышеперечисленных элементов осуществляется при помощи блока питания 12 В 20 А, тогда как питание микроконтроллера осуществляется при помощи блока питания 5 В.

Связь микроконтроллера с персональным компьютером осуществляется в режиме реального времени.

В целях безопасности микроконтроллерная система оснащена кнопкой остановки системы.



Рис. 1. Функциональная схема охлаждающего устройства

Структурная схема микроконтроллерной системы управления охлаждающего устройства представлена на рисунке 2. Структурная схема микроконтроллерной системы управления охлаждающего устройства состоит из:

- герметичного датчика температуры DS18B20;
- Arduino UNO r3, программируемого контроллера на базе ATmega328;
- персонального компьютера (ПК);
- регулируемого понижающего DC-DC преобразователь XL4015;
- кнопки SC 719 2с;
- модуля реле 2 каналный DC 5V для Arduino AC250B, 10A (У);
- блока питания MRM-502 5V 2A;
- блока питания LEDMAR-GDLI-250 12B;
- элемента Пельтье TEC1-12706;
- насоса погружной 12 В;
- помпы для воды;
- пассивно-активной системы охлаждения горячей стороны элемента Пельтье;
- блока вентиляторов 80x80.

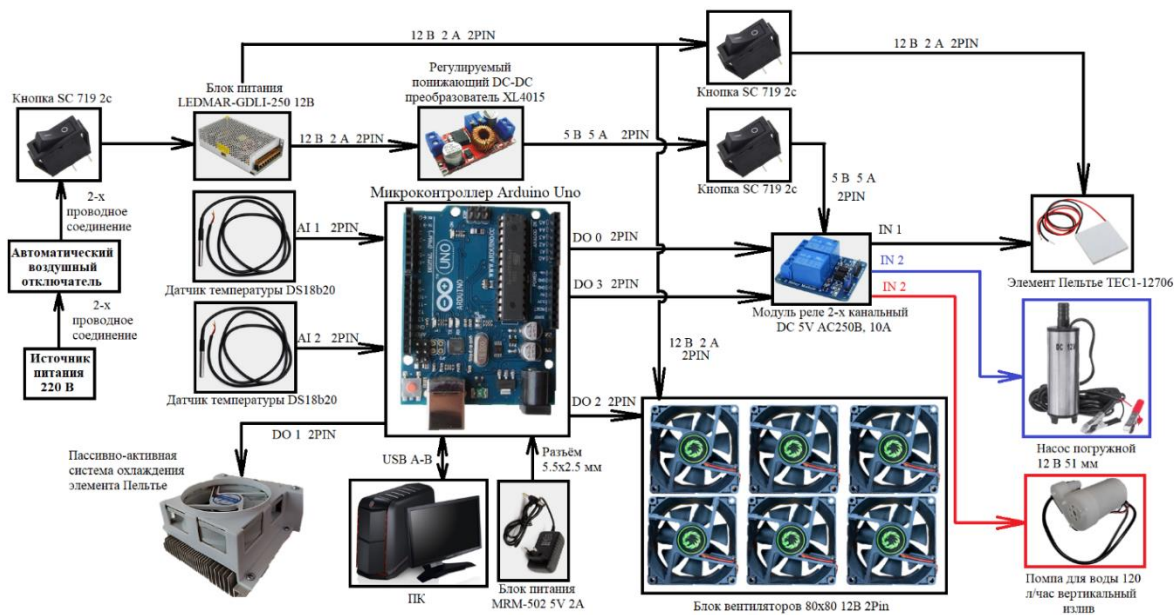


Рис. 2. Структурная схема микроконтроллерной системы управления охлаждающего устройства

Алгоритм работы микроконтроллерной системы управления представлен на рисунке 3. Алгоритм работы микроконтроллерной системы управления выполняется следующим образом. При запуске системы управления охлаждающего устройства происходит определение пинов. Если пины определены происходит процедура объявления пинов. После объявления пинов происходит включение реле, в противном случае происходит вывод ошибки. После включения реле происходит считывание данных с портов. Если данные не получены выполняется процедура аварийного режима работы. Если данные получены происходит выбор режима работы с последующей записью в COM-порт. Программная реализация алгоритма разработана посредством интегрированной среды «Arduino IDE» [2, 3], которая используется для написания скетчей и последующей загрузки на Arduino-совместимые платы. В качестве языка программирования выступает C++. Фрагмент кода программной реализации тянущего устройства представлен на рисунке 4.

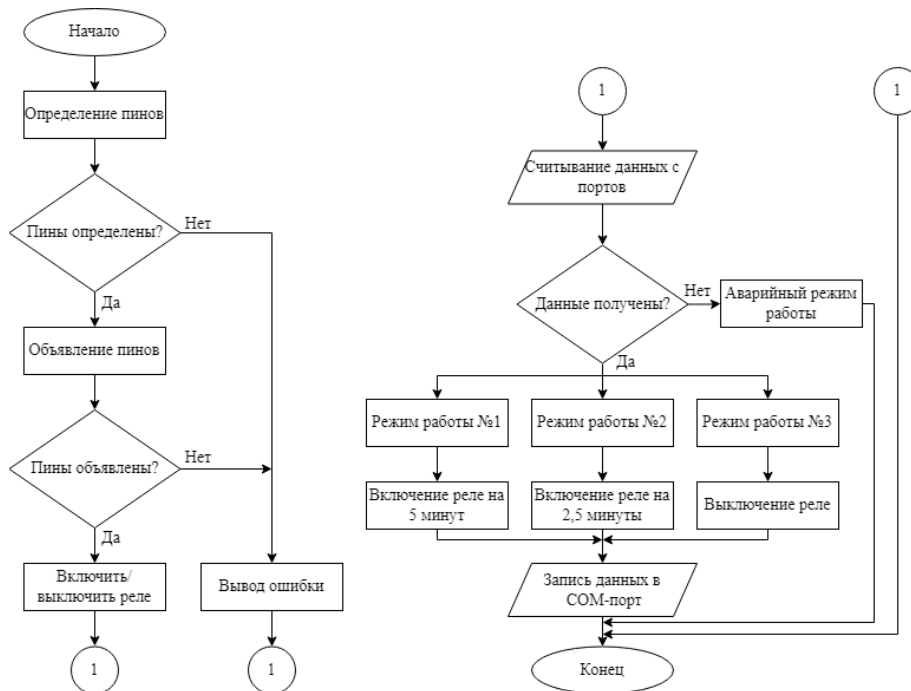


Рис. 3. Алгоритм работы микроконтроллерной системы управления

```

Lyuba | Arduino 1.8.19
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь

Lyuba
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(PIN_RELAY_1, OUTPUT); // Объявляем пин реле как выход
  pinMode(PIN_RELAY_2, OUTPUT); // Объявляем пин реле как выход
  pinMode(PIN_RELAY_3, OUTPUT); // Объявляем пин реле как выход
  pinMode(PIN_RELAY_4, OUTPUT); // Объявляем пин реле как выход
  digitalWrite(PIN_RELAY_1, HIGH); // Выключаем реле 1 - посылаем высокий сигнал
  digitalWrite(PIN_RELAY_2, HIGH); // Включаем реле 2 - посылаем низкий уровень сигнала
  digitalWrite(PIN_RELAY_3, HIGH); // Включаем реле 3 - посылаем низкий уровень сигнала
  digitalWrite(PIN_RELAY_4, HIGH); // Включаем реле 4 - посылаем низкий уровень сигнала
}

void loop()
{
  int k_1 = analogRead(PIN_DATCHIK); // Считываем значение с датчика температуры в отдельную переменную
  int k_2 = analogRead(PIN_DATCHIK); // Считываем значение с датчика температуры в отдельную переменную
  int k_3 = analogRead(PIN_DATCHIK); // Считываем значение с датчика температуры в отдельную переменную

  if (k_1 == 35) {
    Serial.print("Температура равна 35 градусов");
    Serial.println("Включение реле на 5 минут");
    digitalWrite(PIN_RELAY_1, LOW); // Включаем реле 1 - посылаем низкий уровень сигнала
    delay(300000);
  } else if (k_2 == 25) {
    Serial.print("Температура равна 25 градусов");
    Serial.println("Включение реле на 2,5 минуты");
    digitalWrite(PIN_RELAY_1, LOW); // Включаем реле 1 - посылаем низкий уровень сигнала
    delay(150000);
  } else if (k_3 == 15) {
    Serial.print("Температура равна 15 градусов");
    Serial.println("Включение реле на 2,5 минуты");
    digitalWrite(PIN_RELAY_1, HIGH); // Отключаем реле 1 - посылаем высокий уровень сигнала
  } else {
    Serial.println("Система нестабильна!");
    Serial.println("Срочно примите меры по ее устранению!");
    digitalWrite(PIN_RELAY_1, HIGH); // Отключаем реле 1 - посылаем высокий уровень сигнала
  }
  delay(1000); // Проверяем значения один раз в секунду.
}

```

Рис. 4. Фрагмент кода программной реализации охлаждающего устройства

В результате разработана система управления охлаждающего устройства на базе программируемого логического контроллера, получены структурная и функциональная схемы, алгоритм работы системы управления и код программной реализации на базе платформы Arduino IDE. В дальнейшем планируется разработать адаптивную систему управления охлаждающего агрегата лабораторной экструзионной линии с идентификацией [4–7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терехин М.А., Иванов Д.В. Разработка системы автоматического управления тянущего устройства // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 99-100. – EDN DJKIED.
2. Петин В. А. П29 Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.: ил. – (Электроника)
3. Блум Дж. Б71 Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. 2-е изд.: пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020. – 529 с.
4. Ivanov, D.V., Katsyuba O.A. Recurrent identification of autoregression in the presence of observation noises in output signal // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009; Proceedings : International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009, 27–28 марта 2009 года / sponsors: Russian Found. Basic Res. RBFR proj. 09-07-06004, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Radar R and D. – Tomsk, 2009. – P. 79-82. – DOI 10.1109/SIBCON.2009.5044833. – EDN MXBYZJ.
5. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.
6. Авсиевич, А. В. РЕКУРРЕНТное оценивание параметров нелинейных динамических объектов класса ГамМерштейна с помехой на выходе / А. В. Авсиевич, Д. В. Иванов // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 5(60). – С. 43-50. – EDN MUKZEN.
7. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики северная осетия-алания, министерство РСО-Алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL.

3D-МОДЕЛЬ ПОВОРОТНОГО СТОЛА ДЛЯ УСТРОЙСТВА СКАНИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Брагина И.Н.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: в настоящей работе представлено трехмерное моделирование поворотного стола для 3D-сканера при помощи SolidWorks. Результатом работы является полученная 3D-модель.

Ключевые слова: проектирование, трехмерное моделирование, 3D-модель, компьютерное моделирование, 3D-сканер, поворотный стол, SolidWorks.

3D MODEL OF A TURNTABLE FOR SCANNING THREE-DIMENSIONAL OBJECTS

Bragina I.N.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: this paper presents a three-dimensional simulation of a turntable for a 3D scanner using SolidWorks. The result of the work is the resulting 3D model.

Keywords: design, three-dimensional modeling, 3D model, computer modeling, 3D scanner, turntable, SolidWorks.

Невозможно представить современное производство без использования трёхмерного моделирования, которое прочно вошло в большинство сфер промышленности. 3D-модели используются архитекторами при проектировании сооружений, дизайнерами и видеографами в киноиндустрии для спецэффектов, медиками при протезировании, инженерами при ремонте автомобилей, учёными при проведении экспериментов [1,2].

Иногда при создании 3D-моделей прибегают к специальным устройствам сканирования трёхмерных объектов, называемых 3D-сканерами, которые используют видеорежим и лазерное зондирование. Видео поддерживает режим Still и видеокода, а лазерное зондирование использует поддержку двойных лазерных линий (справа и слева). Лазеры находятся под углом 30° к оптическому прибору, который фиксирует визуальное изображение, и служат подсветкой. При этом лучи лазеров необходимо сфокусировать таким образом, чтобы они пересекались в точке, в которой находится сканируемый объект, в данном случае такой точкой является центральная часть поворотного стола трёхмерного сканера. В каждый момент вращения стола, оптический прибор фотографирует сканируемый объект и оцифровывает полученное изображение в пространственные координаты. Дальнейшая работа сканера повторяется пока весь объект не будет отсканирован. Результатом работы 3D-сканера является трёхмерная модель объекта, состоящая из множества точек [3].

Одним из важных элементов трёхмерного сканера является поворотный стол, от плавности вращения которого зависит качество полученной 3D-модели, исходя из этого разработка трёхмерной модели поворотного стола для 3D-сканера является актуальной задачей.

В результате трёхмерного моделирования при помощи SolidWorks [4, 5] была разработана 3D-модель поворотного стола для устройства трёхмерного сканирования объектов, представленная на рисунке 1. Габаритные размеры стола 600x600x135 мм. В состав поворотного стола входят следующие элементы:

- шариковые радиальные сферические подшипники;
- шестерня зубчатая, диаметром 113 мм, 48 зубьев;
- ножки (6 шт.);

- шестиугольная металлическая пластина 100x100x15 мм;
- деревянная столешница толщиной 30 мм.

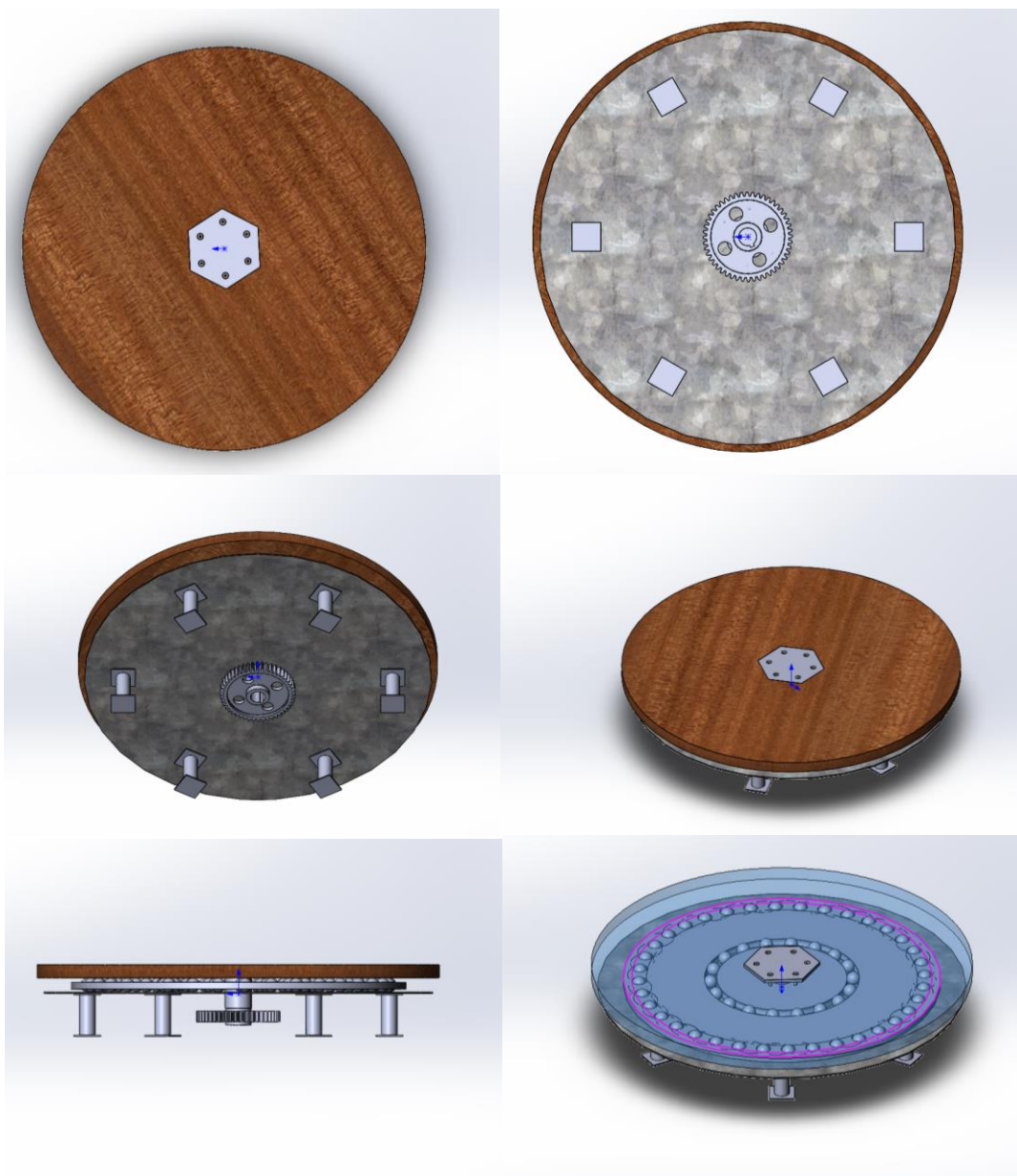


Рис. 1. 3D модель поворотного стола для устройства трёхмерного сканирования объектов

Дальнейшим развитием настоящей тематики является разработка трёхмерной модели редуктора и последующей сборки для определения мощности приводного механизма при помощи функции SolidWorks Motion, а также разработка системы автоматического управления [6] для регулирования оптимальной скорости вращения с идентификацией [7-9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авсиевич, В. В. Генерация синтетических данных из трехмерных объектов для нейросетей в системах безопасности / В. В. Авсиевич, С. В. Ярыгин, И. К. Колягин // Наука и образование транспорта. – 2022. – № 2. – С. 60-61. – EDN VJLOYW.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022680448 Российская Федерация. Модуль генерации проекций 3D объекта с функцией изменения ракурса : № 2022667644 : заявл. 30.09.2022 : опубл. 01.11.2022 / А. В. Авсиевич, В. В. Авсиевич, Н. А. Авсиевич [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «самарский государственный университет путей сообщения». – EDN JZYDLT.

3. Сургучёв И.В. Разработка действующего макета устройства сканирования трехмерных объектов // Моделирование, информационные технологии, мехатроника, автоматизация, робототехника: материалы I Всероссийской научно-практической конференции (Самара, 29–30 апреля 2021 г.). – Самара: СамГУПС, 2021. – С. 75
4. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике (+ CD-ROM) / А.А. Алямовский и др. - М.: БХВ-Петербург, 2017. - 800 с
5. Большаков, В. 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex / В. Большаков, А. Бочков, А. Сергеев. - М.: Книга по Требованию, 2010. - 336 с
6. Терехин М.А., Иванов Д.В. Разработка системы автоматического управления тянущего устройства // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 99-100. – EDN DJKIED.
7. Ivanov, D.V., Katsyuba O.A. Recurrent identification of autoregression in the presence of observation noises in output signal // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009; Proceedings : International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009, 27–28 марта 2009 года / sponsors: Russian Found. Basic Res. RBFR proj. 09-07-06004, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Radar R and D. – Tomsk, 2009. – P. 79-82. – DOI 10.1109/SIBCON.2009.5044833. – EDN MXBYZJ.
8. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.
9. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики Северная Осетия-Алания, Министерство РСО-алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL.

УДК 004.94; 621.865.8

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРИВОДНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ РОБОТА МАНИПУЛЯТОРА

Брагина И.Н., Сургучёв И.В., Припутников А.П.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: в статье проведено имитационное моделирование приводного электродвигателя робота манипулятора на базе Matlab библиотеки SimPowerSystem. Получены графики переходных процессов токов и напряжений на обмотках электродвигателя, электромагнитного момента, скорости и угла поворота шагового двигателя.

Ключевые слова: имитационная модель, Matlab, SimPowerSystem, переходный процесс, электродвигатель, робот манипулятор.

SIMULATION MODEL OF THE DRIVING ELECTRIC MOTOR OF THE ROBOT MANIPULATOR

Bragina I.N., Surguchev I.V., Priputnikov A.P.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: in the article, simulation modeling of the drive electric motor of the robot manipulator based on the Matlab library SimPowerSystem is carried out. Graphs of transient processes of currents and voltages on the windings of the electric motor, electromagnetic torque, speed and angle of rotation of the stepper motor are obtained.

Keywords: simulation model, Matlab, Simpowersystems, transient, electric motor, robot manipulator.

В последнее время большая часть производства отдаёт предпочтение автоматизации, а между тем робототехнические и мехатронные комплексы используются повсеместно во многих отраслях промышленности [1], например, роботы-манипуляторы совершают перемещение и транспортировку, а также позволяют осуществлять погрузочно-разгрузочные

работы с различными объектами, будь то мелкогабаритные товары на сортировочных пунктах, или же лесозаготовки на железной дороге.

При разработке таких устройств зачастую прибегают к компьютерному моделированию, позволяющему проанализировать систему, своевременно обнаружить недостатки и даже выбрать техническое оборудование [2–4].

Исходя из вышесказанного имитационное моделирование приводного электродвигателя робота манипулятора является актуальной задачей.

Имитационное моделирование приводного электродвигателя (шагового двигателя) проводилось на базе пакета Matlab библиотеки SimPowerSystem, благодаря которой появляется возможность разработки имитационных моделей электротехнических агрегатов и устройств силовой электроники.

Комплексное использование функций прикладного пакета Matlab позволяет не только наглядно изучить исследуемый объект, но и оценить его свойства и параметры, а также проанализировать гармонические колебания токов и напряжений [5].

Шаговый двигатель управляется сигналами STEP и DIR, поступающими из блока Signal Builder. Сигнал STEP регулирует угловые перемещения шагового двигателя: при единичном сигнале происходит ступенчатый сдвиг (шаг) поворота ротора, при нулевом – остановка. Сигнал DIR регулирует направление перемещения ротора: 1 – прямое, 0 – обратное.

Имитационная модель приводного шагового электродвигателя в Matlab SimPowerSystem представлена на рисунке 1 и состоит из 14 блоков.

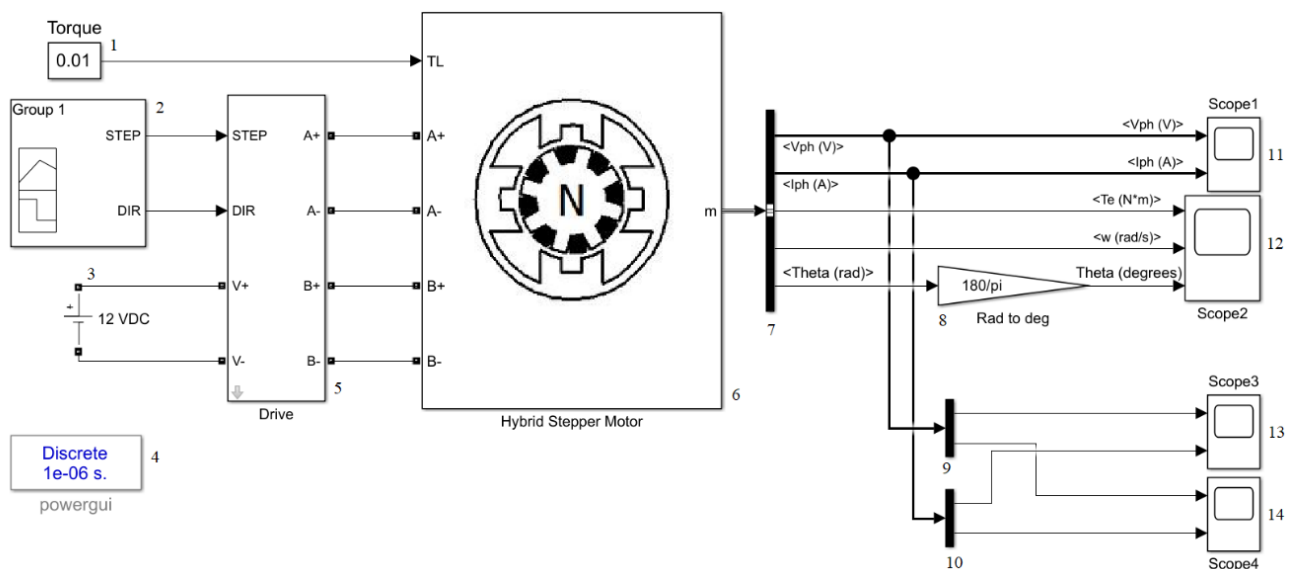




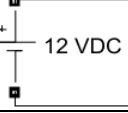
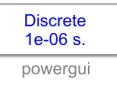
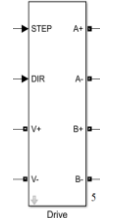
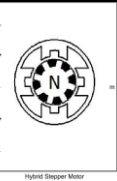

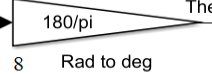
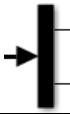
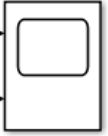
Рис. 1. Имитационная модель приводного шагового электродвигателя в Matlab SimPowerSystem

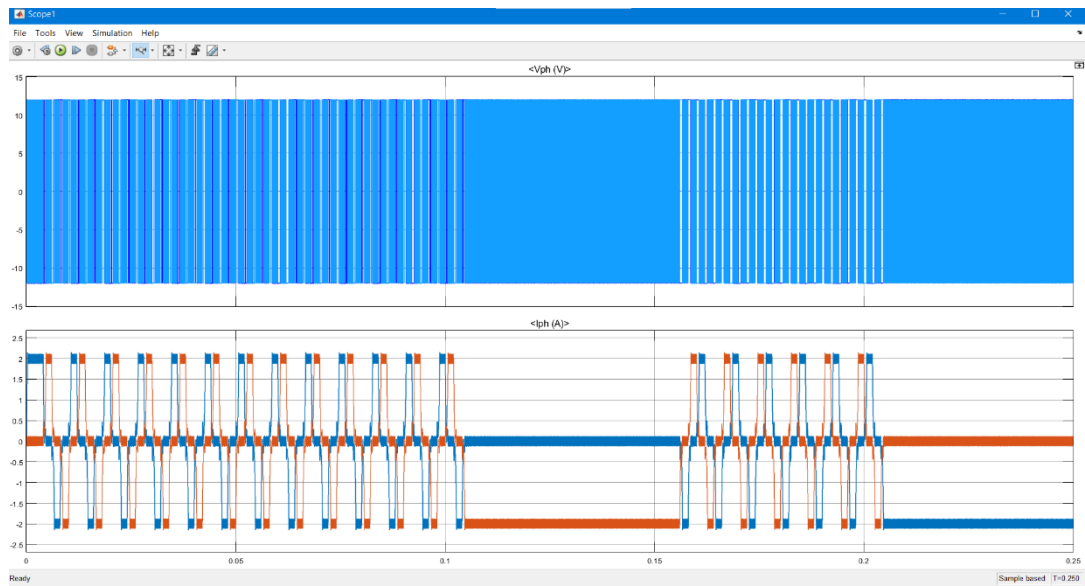
В имитационную модель приводного шагового электродвигателя входят следующие блоки, описанные в таблице 1.

В результате имитационного моделирования были получены графики переходных процессов, изображенные на рисунках 2–4:

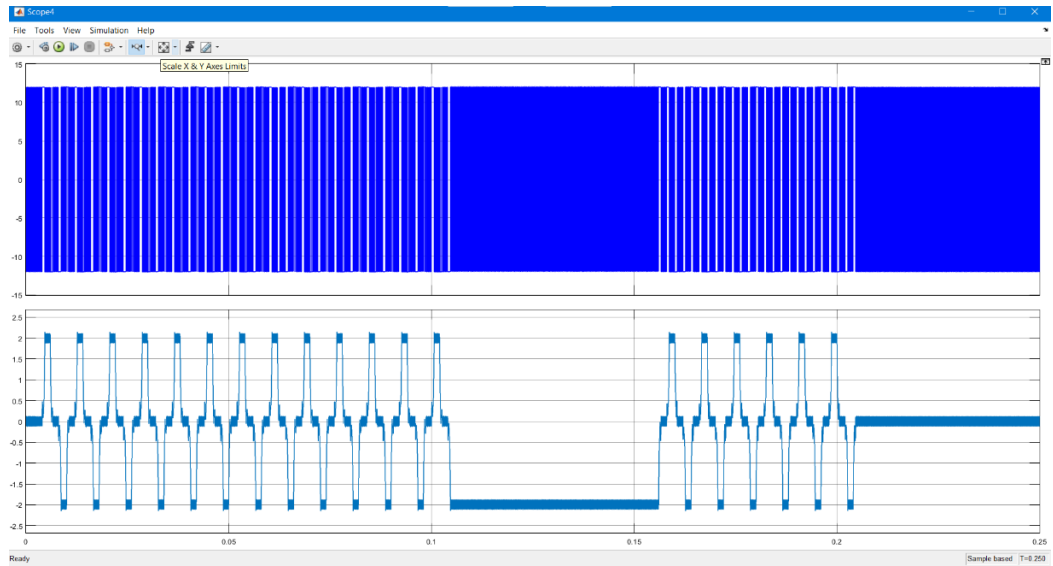
- напряжений и токов на двух обмотках (А, В) шагового двигателя;
- электромагнитного момента, скорости и угла поворота шагового двигателя;
- задания сигнала STEP.

Описание блоков имитационной модели двигателя

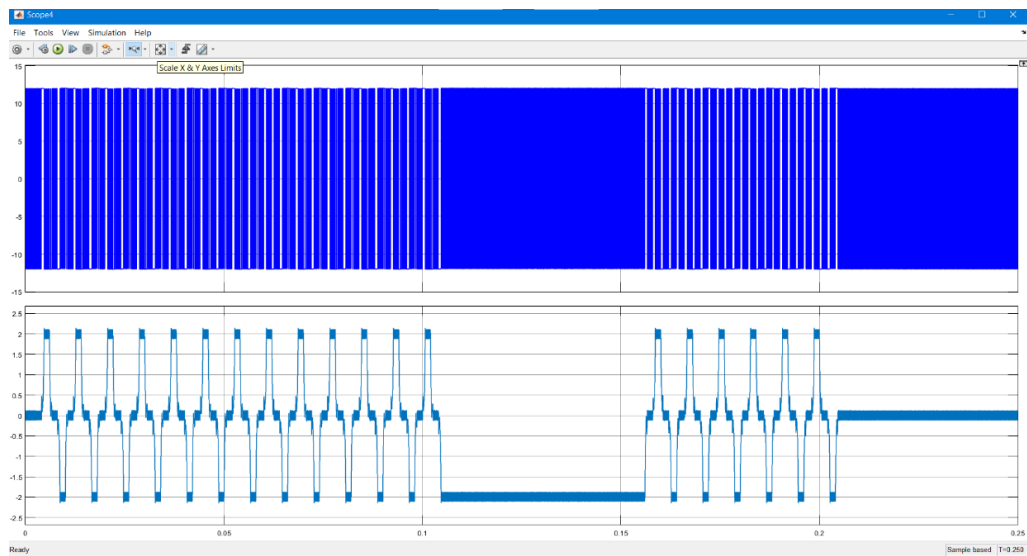
№	Название блока	Изображение блока модели	Описание
1	Constant		Моделирует предварительно определенное числовое или символьное значение
2	Signal builder		Моделирует сигналы
3	DC Voltage Source		Источник постоянного напряжения
4	Powergui		Блок является инструментом графического интерфейса пользователя и обеспечивает решение следующих задач: расчет схемы векторным методом; расчет установившегося режима; дискретизация модели; задание начальных условий; инициализация трехфазных схем, содержащих электрические машины.
5	Drive		Драйвер шагового двигателя, построен как АИН с ШИМ
6	Hybrid Stepper Motor		Шаговый двигатель.
7	BusSelector		Выделяет из шины требуемые сигналы.
8	Gain		Осуществляет математическую операцию «умножение» входа на постоянное значение (усиление).
9, 10	Demux		Разделяет вектор сигналов на отдельные величины.
11, 12, 13, 14	Scope		Моделирует функции осциллографа.



А



Б



В

Рис. 2. Графики переходных процессов имитационной модели: А – напряжений и токов на двух обмотках (А, В) шагового двигателя; Б – напряжений и токов на обмотке А шагового двигателя; В – напряжения и тока на обмотке В шагового двигателя

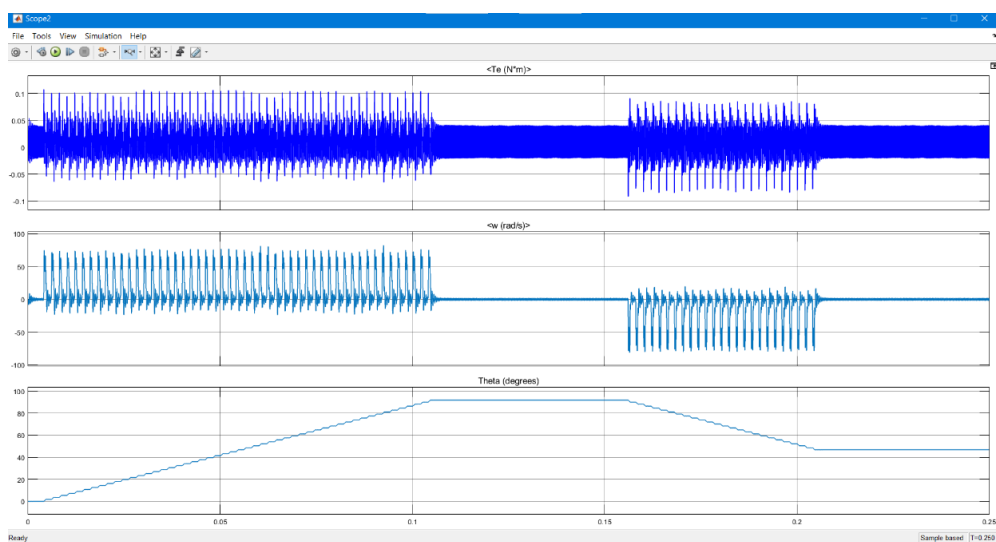


Рис. 3. Графики переходных процессов электромагнитного момента, скорости и угла поворота шагового двигателя

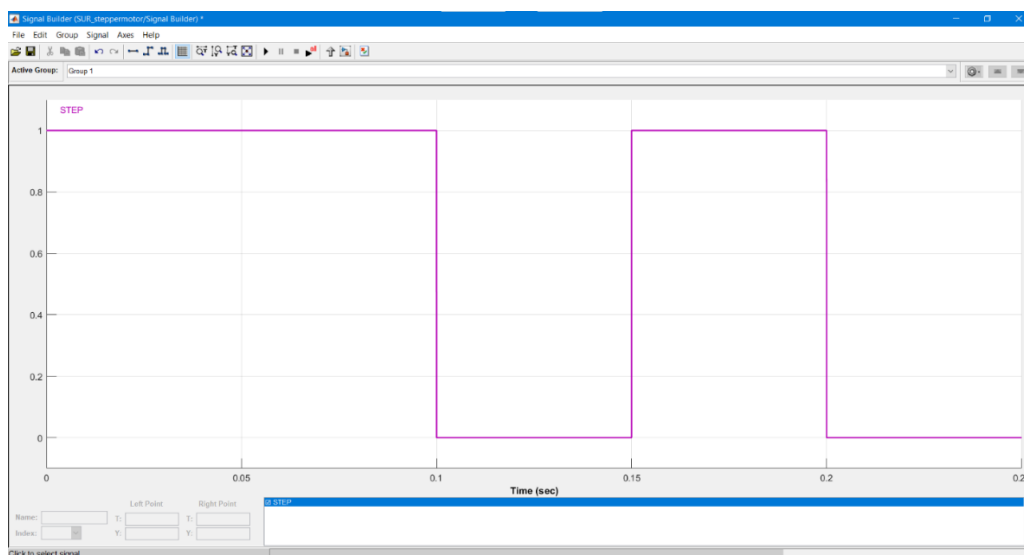


Рис. 4. График переходного процесса задания сигнала STEP

Результатом настоящей работы является имитационная модель приводного шагового электродвигателя на базе Matlab SimPowerSystem, а также полученные графики переходных процессов напряжений и токов на двух обмотках (А, В) шагового двигателя, электромагнитного момента, скорости и угла поворота шагового двигателя, задания сигнала STEP. Дальнейшим развитием проекта является внедрение в имитационную модель алгоритмов идентификации [6]. Достигнутые результаты представляют интерес при имитационном моделировании робототехнических систем [7-9], в том числе при разработке имитационных моделей роботов манипуляторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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. – EDN NVIAEE.
2. 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. – EDN СЕРККV.
3. Терехин М.А. Моделирование однофазного управляемого выпрямителя с нулевым выводом и подключаемым нулевым диодом на базе пакета MATLAB // Дни студенческой науки: Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 06–16 апреля 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 188-189. – EDN СКZDVA.

4. Терехин М.А., Сандлер И.Л. Имитационная модель гидравлической системы управления крана манипулятора на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 135-140. – EDN AVQHVO.

5. Школа MATLAB. Урок 2. Библиотека SimPowerSystems | Силовая электроника [Электронный ресурс]. URL: <https://power-e.ru/sapr/shkola-matlab-urok-2/> (Дата обращения 10.01.2023)

6. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.

7. Иванов Д.В., Широных И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики Северная Осетия-Алания, Министерство РСО-алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL.

8. 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.

9. 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.

УДК 681.51; 67.05;004.42

РАЗРАБОТКА МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ТРЕХКООРДИНАТНОГО УДАРНО-ТОЧЕЧНОГО МАРКИРОВОЧНОГО СТАНКА С ЧПУ

Бурнаевский Д.К.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной статье рассмотрено проектирование микроконтроллерной системы управления лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с числовым программным управлением. В результате разработаны структурные и функциональные схемы МКС, определены функциональные возможности, а также разработан алгоритм работы системы управления и его программная реализация. Полученные результаты представляют интерес при разработке микроконтроллерных систем управления станков с ЧПУ.

Ключевые слова: станки с ЧПУ, лабораторный станок, ударно-точечный маркировочный станок, структурная схема, функциональная схема, Arduino IDE, алгоритм работы, программная реализация.

DEVELOPMENT OF A MICROCONTROLLER CONTROL SYSTEM FOR A LABORATORY THREE-COORDINATE IMPACT-POINT MARKING MACHINE WITH CNC

Burnaevsky D.K.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: this article discusses the design of a microcontroller control system for a laboratory three-coordinate impact-point marking machine with numerical control. As a result, the structural and functional schemes of the ISS were developed, the functional capabilities were determined, and the algorithm of the control system and its software implementation were developed. The results obtained are of interest in the development of microcontroller control systems for CNC machines.

Keywords: CNC machines, laboratory machine, impact-point marking machine, block diagram, functional diagram, Arduino IDE, algorithm of operation, software implementation.

Одна из проблем с которой сталкивается промышленность ежедневно – это отслеживание изготовленных деталей, а также готовых продуктов. Данная проблема решается при помощи маркировки, которая производится посредством специальных устройств, одним из которых является ударно-точечный маркировочный станок.

Для изучения работы промышленных установок и проведения экспериментов существуют лабораторные станки небольших масса-габаритных размеров. Одной из возможных сфер применения данных станков является образовательный процесс. Главное преимущество маркировочного станка – безопасность, поскольку при его работе не образуется стружка и щепки, как например при фрезеровке.

Не для кого не секрет, что для управления современными станками, в целях повышения автоматизации производства, используются микроконтроллерные системы управления [1].

Цель данной работы заключается в разработке микроконтроллерной системы управления лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка.

Основные задачи, определенные в соответствии с поставленной целью данной работы:

- разработать функциональную и структурные схемы лабораторного станка;
- разработать алгоритм работы системы управления и её программную реализацию.

Назначением ударно–точечного маркировочного станка с ЧПУ [2] является обработка поверхностей различных материалов деталей изготовок – металла, полимер керамики, природных материалов, композитов, дерева. Глубина маркировки, в зависимости от настроек и используемого материала, может достигать до 1 мм.

По мимо вышеперечисленного, неотъемлемой функцией разрабатываемого станка [3] является получение знаний в обработке разных материалов, работа с числовым программным управлением и основы команд G – code функций путем практических работ, обеспечивающие соответствующие функциональные возможности системой управления.

Функциональные возможности:

- маркировка простых слов, букв, цифр глубиной не более 1 мм;
- максимальная рабочая поверхность 300мм.х180мм;
- взаимодействует с инструментальной средой;
- обеспечивает безопасность при работе со станком путем высоко моментных вращающихся частей;
- гравировка однобитных, серых изображений с возможностью оттенения;
- возможность регулирования скорости удара, как ручным способом, так и программным.

Функциональная схема представлена на рисунке 1. Технологическая информация поступающая с персонального компьютера должна поступить на микроконтроллер в виде сигнала, который должен обеспечить функциональные возможности, которые описаны выше, при этом микроконтроллер преобразует полученную информацию в соответствующие величины координат перемещения, необходимую ось на драйвер шагового двигателя для формирования управляющих импульсов с определенной частотой и шириной при ограничивающих напряжениях и токах поступающих (питаются) в шаговые двигатели, который в свою очередь обеспечивает вращающий момент на винт гайку посредством муфты. При отработке заданного перемещения, которая вычисляется микроконтроллером, на персональный ПК передается технологическая информация в режиме реального времени.

После достижения заданной координаты, соответствующий сигнал подачи количества импульсов, т.е. управляющего воздействия на шаговый электродвигатель, прекращается, тем самым обеспечивая остановку двигателя. Вычисления координаты осуществляется программным способом, а в частности перемещение в миллиметрах конвертируется в необходимое количество импульсов, импульс которого обеспечивается углом поворота двигателя равного 1.8 градусов. Для обеспечения безопасного прерывания работы системы предусмотрена кнопка рестарт («RESET»), остальные функциональные кнопки исполнены программным обеспечением. Для данного ударно-

точечного станка не требуется использования физических управляющих элементов. Программным способом реализованы такие кнопки как: сброс, безопасное положение.

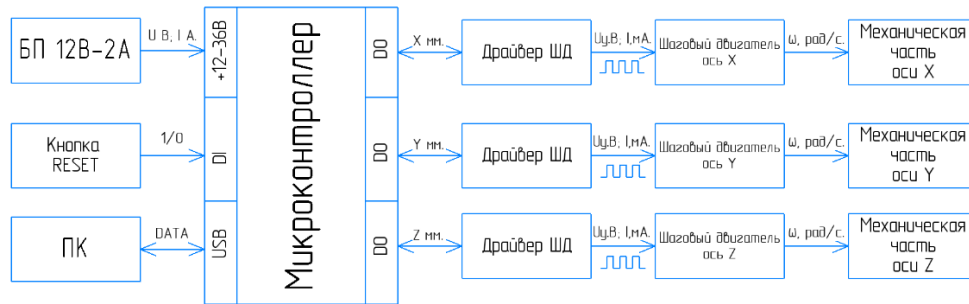


Рис. 1. Функциональная схема лабораторного станка

Для связи с инструментальной средой (опционально-функциональной структуры), обеспечено в программные обеспечения микроконтроллера соответствующий заложенный программный код. С целью безопасности данная система должна быть спроектирована на источнике постоянного напряжения равного 12 В не более 2 А.

После определения выбора технического оборудования получена структурная схема, показанная на рисунке 2, которая показывает взаимодействие элементов системы. Основным элементом системы является микроконтроллер Arduino Uno R3, имеющий 14 цифровых входов/выходов (из которых 6 с ШИМ), 6 аналоговых входов, частота 16 МГц, USB интерфейс, силовой вход, ICSP программатор и кнопку сброса [4, 5].

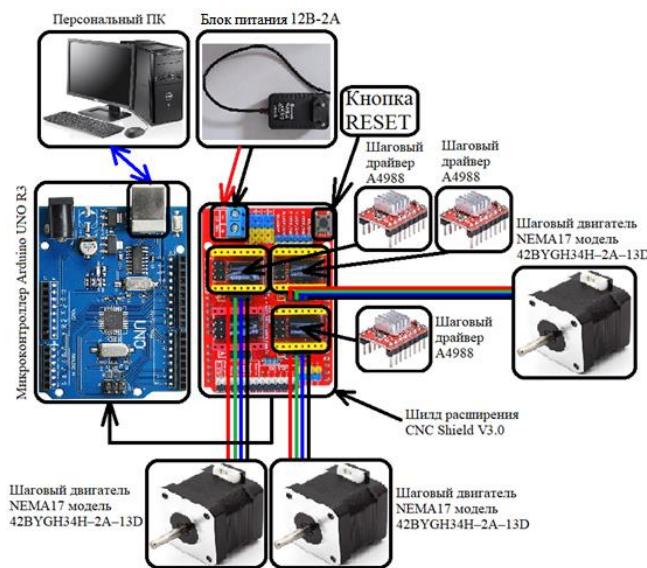


Рис. 2. Структурная схема лабораторного станка

Общая блок схема алгоритма работы системы управления представлена на рисунке 3. При запуске работы алгоритма системы управления производится инициализация библиотек, затем происходит считывания машинного кода с порта, если данные не получены, то микроконтроллер входит в режим ожидания, если данные получены, то работа станка производится в соответствии с командами G-code, после чего записывается машинный код данных обратно в порт. Кнопка «Reset» служит для сброса состояния контроллера, если кнопка была нажата производится перезапуск всего алгоритма работы системного управления, если кнопка не была нажата, то работа станка будет остановлена после завершения работы команд G-code.

Программная реализация алгоритма разработана в программе «Arduino IDE» на языке программирования C++, на рисунке 4 представлен сам фрагмент кода библиотеки «gcode.h» в окне программы «Arduino IDE».

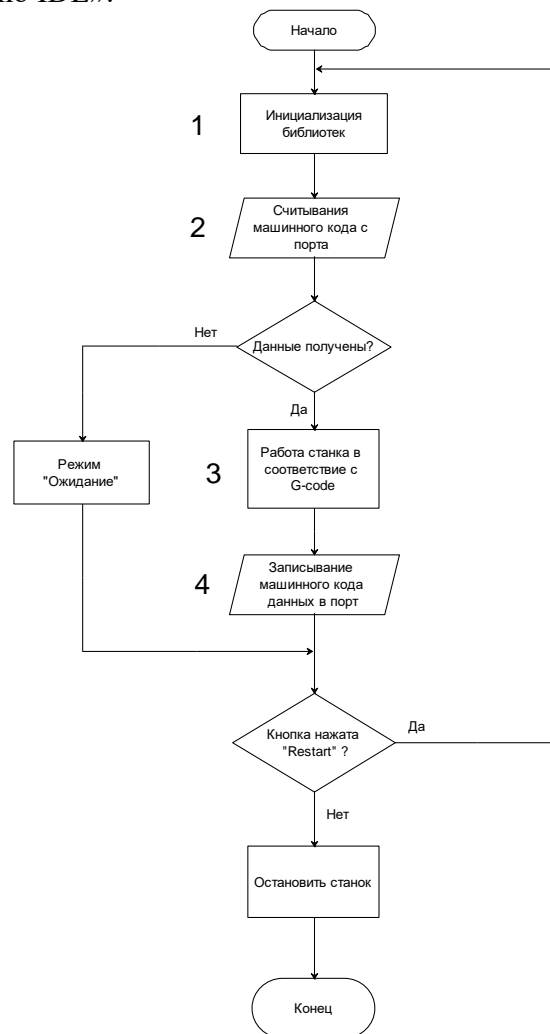


Рис. 3. Общая блок схема алгоритма работы системы управления

```

grblUpload - gcode.c | Arduino 1.8.19
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь

grblUpload config.h coolant_control.c coolant_control.h cpu_map.h cpu_map_atmega2560.h cpu_map_atmega320p.h defaults.h

// Максимальный номер строки определяется стандартом g-code равным 99999. Кажется, это произвольное значение,
// и некоторым может потребоваться больше. Поэтому мы увеличили его на основе максимального безопасного
// значение при преобразовании числа с плавающей запятой (точность 7,2 цифры) в целое число.
#define MAX_LINE_NUMBER 9999999

#define AXIS_COMMAND_NONE 0
#define AXIS_COMMAND_NON_MODAL 1
#define AXIS_COMMAND MOTION_MODE 2
#define AXIS_COMMAND_TOOL_LENGTH_OFFSET 3 // Замена

// Объявление gc внешних структур
parser_state_t gc_state;
parser_block_t gc_block;

#define FAIL(status) return(status);

void gc_init()
{
    memset(&gc_state, 0, sizeof(parser_state_t));

    // Загрузите систему координат G54 по умолчанию.
    if (!settings_read_coord_data(gc_state.modal.coord_select,gc_state.coord_system)) {
        report_status_message(STATUS_SETTING_READ_FAIL);
    }
}

// Задает положение анализатора g-кода в мм. Ввод по шагам. Вызывается системой прерывания и жесткого
// ограничения процедуры снятия.
void gc_sync_position()
{

```

Рис. 4. Программная реализация алгоритма, фрагмент кода в окне приложения «Arduino IDE»

Таким образом, в ходе разработки микроконтроллерной системы управления лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с ЧПУ были выполнены следующие основные этапы: разработана функциональная и структурные схемы лабораторного станка; проведен выбор технического оборудования, определены функциональные возможности, а также разработан алгоритм работы системы управления и его программная реализация на платформе «Arduino IDE» на языке программирования C++.

Разработка адаптивной системы микроконтроллерного управления лабораторного станка с идентификацией [6–10] является перспективным направлением для развития настоящей работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программируемые контроллеры и микроконтроллеры в системах автоматизации: учебное пособие / Н. Б. Сбродов, Е. К. Карпов - Курган :Изд-во Курганского гос. ун-та, 2019. - 110 с.
2. Фельдштейн, Е.Э. Обработка деталей на станках с ЧПУ: Учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн. - М.: Новое знание, 2016. – 78 с.
3. Бурнаевский Д.К., Сандлер И.Л. Разработка лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с ЧПУ // Дни студенческой науки : Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 84-85. – EDN MNLFLK.
4. Блум Дж. Б71 Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. 2-е изд.: пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020. –529 с.
5. Петин В. А. П29 Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.: ил. – (Электроника)
6. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики Северная Осетия-Алания, Министерство РСО-алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL
7. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.
8. Авсиевич, А. В. Рекуррентное оценивание параметров нелинейных динамических объектов класса ГамМерштейна с помехой на выходе / А. В. Авсиевич, Д. В. Иванов // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 5(60). – С. 43-50. – EDN MUKZEN.
9. Ivanov, D.V., Katsyuba O.A. Recurrent identification of autoregression in the presence of observation noises in output signal // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009; Proceedings : International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009, 27–28 марта 2009 года / sponsors: Russian Found. Basic Res. RBFR proj. 09-07-06004, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Radar R and D. – Tomsk, 2009. – P. 79-82. – DOI 10.1109/SIBCON.2009.5044833. – EDN MXBYZJ.
10. Терехин М.А., Иванов Д.В. Разработка системы автоматического управления тянущего устройства // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 99-100. – EDN DJKIED.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЛАБОРАТОРНОГО ТРЕХКООРДИНАТНОГО УДАРНО-ТОЧЕЧНОГО МАРКИРОВОЧНОГО СТАНКА С ЧПУ

Бурнаевский Д.К., Рудаков А.А., Припутников А.П.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: в настоящей работе рассматривается имитационное моделирование электрической части лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с ЧПУ в среде Matlab SIMULINK библиотеки Simscape Electrical. В процессе имитационного моделирования электрической части системы разработана имитационная модель, а также получены графики переходных процессов.

Ключевые слова: имитационная модель, переходные процессы, Matlab, SIMULINK, Simscape Electrical, ЧПУ, трехкоординатное перемещение, лабораторный станок.

SIMULATION MODEL OF THE ELECTRICAL PART OF A LABORATORY THREE-COORDINATE IMPACT-POINT MARKING MACHINE WITH CNC

Burnaevsky D.K., Rudakov A.A., Priputnikov A.P.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: in this paper, simulation modeling of the electrical part of a laboratory three-coordinate impact-point marking machine with CNC in the Matlab SIMULINK environment of the Simscape Electrical library is considered. In the process of simulation of the electrical part of the system, a simulation model has been developed, as well as graphs of transients have been obtained.

Keywords: simulation model, transients, Matlab, SIMULINK, Simscape Electrical, CNC, three-coordinate movement, laboratory machine.

Станки с ЧПУ прочно вошли в обиход человека и используются в различных сферах промышленного производства, с их помощью происходит черновая и чистовая обработка изделий, например, резка при помощи лазера или фрезерная гравировка [1].

Актуальностью работы: является то, что в промышленности существует необходимость в маркировке деталей и готовых продуктов, для чего специалисту необходимо обладать навыками при работе со станками ЧПУ, однако для изучения языков программирования, основанных на G-функциях достаточно мало устройств, совмещающих в себе, такие показатели как: управляемость, миниатюрность и что особо важно безопасность при работе. Одним из устройств, отвечающий вышезаявленным показателям, который можно применять в учебном процессе, является координатный ударно-точечный станок [2].

Цель настоящей работы заключается в имитационном моделировании электрической части лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка.

Основные задачи, определенные в соответствии с поставленной целью настоящей работы:

– разработать имитационную модель электрической части станка с шаговым двигателем в пакете прикладных программ Matlab библиотеке SIMULINK;

– получить переходные процессы координатного перемещения.

Имитационная модель электрической части лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка разработана в среде Matlab SIMULINK библиотеки Simscape Electrical, которая реализует физическое моделирование, предназначенная для проектирования систем управления и тестирования производительности на уровне системы, моделирования и имитирования электронных, мехатронных и электроэнергетических системы [3, 4].

Общая полученная имитационная модель электрической части лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка представлена на рисунке 1.

Описание блоков имитационной модели электрической части лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка представлены в таблице 1.

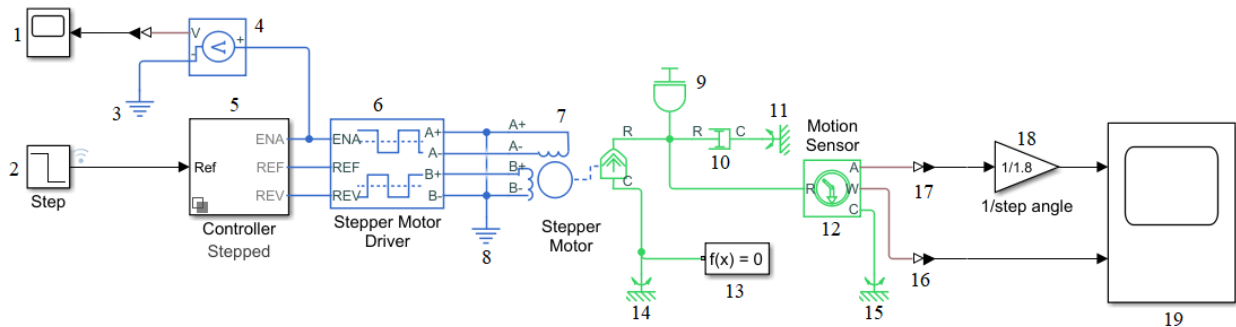


Рис. 1. Имитационная модель электрической части лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка в приложении Matlab / Electrical

Таблица 1

Описание блоков имитационной модели электрической части лабораторного станка

№ п/п	Номер блока в схеме	Название блока	Изображение блока модели	Описание
1	1, 19	Scope		Выполняет функцию осциллографа и служит для наблюдения и измерения генерируемых в процессе моделирования сигналов
2	2	Step		Задаст шаг между двумя определяемыми уровнями в указанное время
3	3, 8	Electrical Reference		Выполняет функцию заземления
4	4	Voltage Sensor		Отвечает за точное преобразование измеренного напряжения, в физический сигнал, который пропорционален напряжению
5	5	Controller Stepped		Моделирует микроконтроллер «Arduino»
6	6	Stepper Motor Driver		Блок драйвера шагового двигателя (ШД) служит для создания импульсов для управления ШД
7	7	Stepper Motor		Блок представляет собой шаговый двигатель
8	9	Inertia		Блок представляет собой идеальную механическую вращательную инерцию
9	10	Damper		Блок представляет собой идеальный механический вращательный вязкостный демпфер
10	11, 14, 15	Mechanical Rotational Reference		Блок представляет собой механическую точку отсчета вращения, то есть рамку или основание
11	12	Rotational Motion Sensor		Блок представляет собой идеальный механический датчик вращательного движения
12	13	Solve Configuration		Определяет параметры вращения, которые будут использоваться для моделирования
13	16, 17	PS-Simulink Converter		Преобразует входной физический сигнал в безразмерный выходной сигнал Simulink
14	18	1/step angle		Коэффициент усиление по элементам или коэффициент усиления по матрице

В ходе моделирования были получены следующие графики переходных процессов имитационной модели электрической части лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка, представленные на рисунке 2:

- ток при работе шагового двигателя на катушках А и В;
- сила, действующая на валу шагового двигателя;
- угол поворота вала двигателя в градусах;
- напряжение при работе шагового двигателя на катушках А и В;
- скорость вращения вала двигателя в рад/с.;
- подаваемые импульсы напряжения с блока микроконтроллера «Arduino» на блок драйвера шагового двигателя.

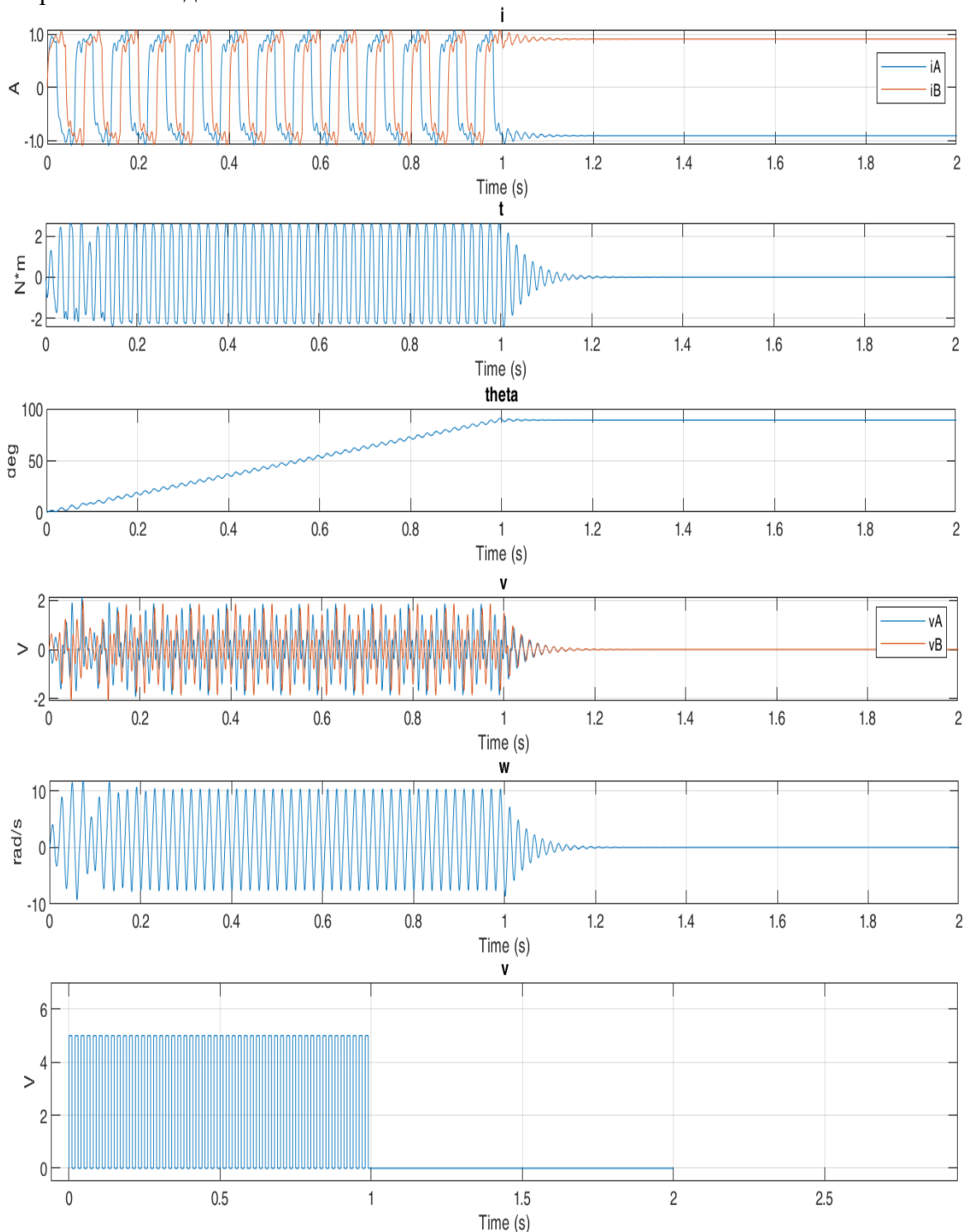


Рис. 2. Графики переходных процессов при работе шагового двигателя

В результате работы получили имитационную модель электрической части лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка на базе Matlab Simulink. В ходе имитационного моделирования были получены графики переходных процессов токов и напряжений при работе шагового двигателя, скорость и угол поворота вала двигателя, а также силу, действующую на вал двигателя. Полученные графики переходных процессов позволяют сделать вывод, что разработанная имитационная модель электрической части лабораторного станка с ЧПУ адекватно описывает поведение реального объекта.

Работа в данном направлении представляет интерес при имитационном моделировании электрических систем трехкоординатных станков с числовым программным управлением. Для повышения точности перемещения рабочего инструмента будут использованы работы [5-9], в которых применяются алгоритмы идентификации, что в свою очередь позволит повысить качество изготавливаемых изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фельдштейн, Е.Э. Обработка деталей на станках с ЧПУ: Учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн. - М.: Новое знание, 2016. – 78 с.
2. Бурнаевский Д.К., Сандлер И.Л. Разработка лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с ЧПУ // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 84-85. – EDN MNLFLK.
3. Новожилов О. П. Электротехника и электроника: учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2021. 653 с.
4. Герман-Галкин С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде MATLAB-SIMULINK: учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2013. 442 с. EDN: UGROWP
5. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.
6. Ivanov, D.V., Katsyuba O.A. Recurrent identification of autoregression in the presence of observation noises in output signal // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009; Proceedings: International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009, 27–28 марта 2009 года / sponsors: Russian Found. Basic Res. RBFR proj. 09-07-06004, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Radar R and D. – Tomsk, 2009. – P. 79-82. – DOI 10.1109/SIBCON.2009.5044833. – EDN MXBYZJ.
7. Терехин М.А., Иванов Д.В. Разработка системы автоматического управления тянущего устройства // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 99-100. – EDN DJKIED.
8. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики Северная Осетия-Алания, Министерство РСО-алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL.
9. Авсиевич, А. В. Рекуррентное оценивание параметров нелинейных динамических объектов класса ГамМерштейна с помехой на выходе / А. В. Авсиевич, Д. В. Иванов // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 5(60). – С. 43-50. – EDN MUKZEN.

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ РЕСУРСА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС С ВЫЩЕРБИНАМИ

Воробьев А.А., Конограй О.А., Чистяков Э.Ю.

Санкт-Петербург, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Аннотация. Цель: исследование напряженного состояния в контакте «колесо-рельс» при отсутствии и наличии выщербины, с целью определения влияния выщербины на напряженное состояние колеса при различной толщине обода. Методы: Применяются метод теории упругости, методы численного решения дифференциальных уравнений в частных производных (метод конечных элементов), расчет производился с использованием пакета прикладных программ ANSYSWORKBENCH версия 18.2. Результаты. Определено напряженное состояние в контакте «колесо-рельс» при различной толщине обода с выщербиной и без выщербины, на основе проведенных исследований разработаны предложения по изменению норм браковки колес с тонким ободом при наличии на поверхности катания выщербины. Практическая значимость: Изменение норм браковки колес с тонким ободом при наличии на поверхности катания выщербины позволит увеличить ресурс колес и тем самым снизить потребность в новых колесах.

Ключевые слова: Колесо, колесная пара, поверхность катания, толщина обода, выщербина, контакт «колесо-рельс», контактное взаимодействие, метод конечных элементов, конечно-элементная модель.

THE DEVELOPMENT OF MEASURES TO INCREASE THE LIFETIME OF RAILWAY WHEELS WITH POTHOLES

Vorobev A.A., Konogray O.A., Chistyakov E.Y.

Saint Petersburg, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Abstract. Purpose: Investigation of the stress state in the "wheel-rail" contact in the absence and presence of the pothole, in order to determine the influence of the pothole on the stress state of the wheel at different rim thicknesses. The methods: The method of the theory of elasticity, the methods of the numerical solution of the partial differential equations (the finite-element method) were applied; the calculation was done with the application program package ANSYSWORKBENCH version 18.2. Results: Stress state in the "wheel-rail" contact with different rim thickness with and without a pothole has been determined; on the basis of the conducted research, proposals for changing the norms of rejection of wheels with a thin rim in the presence of a chipped rim surface have been developed. Practical importance: Changing of norms of rejection of wheels with thin rim with the presence of the cogging on the rolling surface will increase wheel life and thereby reduce the need for new wheels.

Keywords: wheel, wheel set, rolling surface, rim thickness, pothole, "wheel-rail" contact, contact interaction, finite element method, finite-element model.

Введение. На поверхности катания железнодорожных колес часто появляются такие дефекты, как выщербины. Выщербина является дефектом контактно-усталостного происхождения [1]. В отличие от износа колес вследствие истирания, который происходит на поверхности и сопровождается образованием мелких пылевидных частиц износа, выщербина образуется вследствие развития усталостной трещины, возникающий на глубине 4–6 мм под поверхностью катания, которая распространяется в направлении поверхности катания и приводит к отколу значительной части металла [2]. В этой точке действуют максимальные эквивалентные напряжения, которые отвечают за накопление усталостных повреждений в структуре материала и приводят к образованию усталостной трещины, которая при развитии приводит к отколу части металла с поверхности катания колеса, что и образует выщербину. Максимальные давления реализуются на поверхности, но максимальные эквивалентные напряжения действуют под поверхностью. Кроме выщербин усталостного происхождения могут возникать выщербины по светлым пятнам, ползунам и наварам и по термическим трещинам [3]. Выщербины усталостного характера можно отличить по крайне неровной (ступенчатой поверхности). При эксплуатации грузовых вагонов допускаются выщербины

длиной до 50 мм, и глубиной до 10 мм, а пассажирских вагонов длиной до 25 мм и глубиной до 10 мм. Выщербины глубиной до 1 мм не бракуются при любой их длине [4].

Выщербина может стать причиной браковки колеса при тонком ободе. Допускаемая в эксплуатации толщина обода колеса составляет 22 мм. Измерение толщины обода должно производиться на выщербине. Поэтому если в эксплуатации обнаруживается колесо с толщиной обода 26 мм и на колесе присутствует выщербина, глубиной более 4 мм, то такое колесо не может далее эксплуатироваться, вагон отцепляется в текущий ремонт для замены колесной пары, а колесная пара направляется в капитальный ремонт для замены колеса. Наличие выщербины приводит к изменению геометрических параметров контакта «колесо-рельс» вследствие появления на профили поверхности катания «П-образной» выработки. Поэтому актуальной является задача исследования влияния выщербины на напряженное состояние в системе «колесо-рельс» при различной толщине обода колеса.

Определение напряженного состояния в системе «колесо-рельс»

Для определения напряженного состояния в системе «колесо-рельс» при отсутствии выщербины можно воспользоваться теорией Герца, которая дает сравнительно несложные аналитические зависимости. При наличии выщербины определить напряжения в системе «колесо-рельс» с помощью теории Герца затруднительно, поэтому будем определять напряжения путем численного решения с использованием метода конечных-элементов. В силу симметрии задачи будем рассматривать только одну четвертую часть колесной, что даст возможность упростить решение задачи за счет использования меньшего числа конечных элементов. Для расчета были созданы четыре объемные модели одной четверти колесной пары и участка рельса (рис. 1):

1. Модель колеса с номинальной толщиной обода без выщербины.
2. Модель колеса с номинальной толщиной обода с выщербиной.
3. Модель колеса с ободом толщиной обода 22 мм без выщербины.
4. Модель колеса с ободом толщиной 22 мм с выщербиной.

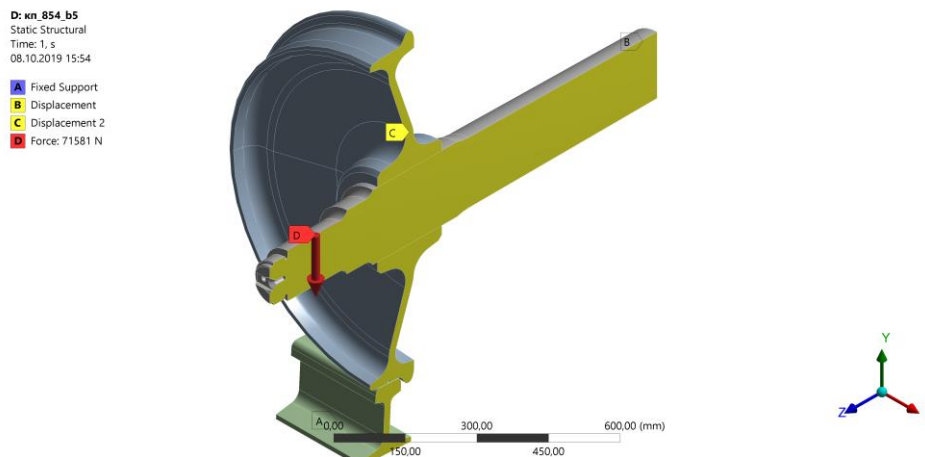


Рис.1. Модель ¼ колесной пары и участка рельса

В моделях использовалось колесо с плоским коническим диском. При создании моделей размеры колеса принимались в соответствии с [5], рельса с [6]. Глубина выщербины принималась 6 мм. Моделировался контакт колеса с рельсом Р65 (радиус головки рельса 500 мм).

Колесная пара нагружалась вертикальной силой, прикладываемой к центрам шеек. Величина нагрузки на одну шейку принималась в соответствии с [7] как $0,621P_0$ (P_0 – осевая нагрузка, принимаемая при расчете 23,5 тс). Так как рассматривается ¼ часть колесной пары, к модели прикладывалась половина от рассчитанной величины нагрузки. Рельс жестко закреплялся по подошве, в месте стыковки колесной пары с отсеченными частями задавались условия симметрии. Между поверхностью катания колеса и головкой рельса описывалось контактное взаимодействие, ось жестко соединялась со ступицей колеса.

При расчете использовалась линейная-изотропная модель материала. Модуль упругости принимался равным $2,1 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона – 0,3. Конечно-элементная, модель создавалась с использованием элементов типа 10-ти узловой тетраэдр (сетка конечных-элементов показана на рис. 2).

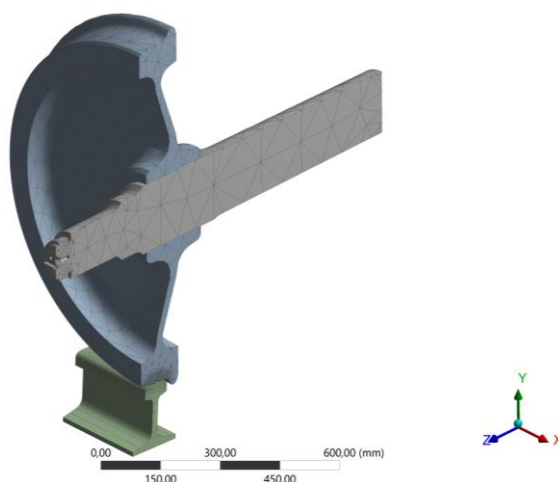


Рис. 2. Сетка конечных элементов

Данные изопараметрические конечные элементы имеют квадратичную функцию формы, что позволяет хорошо описывать высокоградиентное напряженное состояние [8], которое имеет место в контакте «колесо-рельс». В зоне контакта колеса и рельса, в соответствии с рекомендациями [9], размер конечных элементов принимался равным 3 мм. Расчет производился с использованием пакета прикладных программ ANSYSWORKBENCH версия 18.2. В результате расчета были получены напряжения и контактные давления в системе «колесо-рельс» для четырех описанных выше моделей колеса. Для оценки прочности в соответствии с рекомендациями [7] использовались эквивалентные напряжения, определяемые по теории Мизеса. Полученные данные позволили сделать выводы:

1. У колес без выщербины наибольшие эквивалентные напряжения возникают на глубине 4–5 мм под поверхностью катания, при этом величина максимального эквивалентного напряжений составляет 0,71 от максимального контактного давления.

2. У колес с выщербиной максимальные эквивалентные напряжения возникают в «П-образной» выемке, образованной выщербиной на глубине 4-5 мм от поверхности катания, величина максимального эквивалентного напряжения составляет 1,71 от максимального контактного давления.

3. При уменьшении толщины обода у колеса с выщербиной максимальные контактные давления возрастают с 1346 МПа до 1617 МПа, при том, что максимальные эквивалентные напряжения практически не увеличиваются (при номинальной толщине обода 1754 МПа, при толщине обода 22 мм – 1762 МПа).

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Максимальное эквивалентное напряжение и максимальное контактное давление

Наименование величины	Номинальная толщина обода		Толщина обода 22 мм	
	Без выщербины	С выщербиной	Без выщербины	С выщербиной
Максимальное эквивалентное напряжение, МПа	719	1754	726	1762
Максимальное контактное давление, МПа	1012	1346	1026	1617

Таким образом, эквивалентные напряжения у колеса с выщербиной при номинальной и минимальной толщине обода практически одинаковы, что наводит на мысль о необоснованной браковки колес с тонким ободом, имеющими выщербины на поверхности катания величиной до 6 мм. Браковка таких колес приводит к существенному сокращению ресурса колес. Так, если колесо имеет толщину обода 26 мм и толщину гребня 29 мм и на поверхности катания присутствует выщербина глубиной 5 мм, то по существующим требованиям такое колесо бракуется. Так как толщина обода измеренная в месте выщербины составит 21 мм. При том, что остаточный ресурс такого колеса по износу гребня исходя из минимальной толщины гребня 24 мм (1 мм толщины гребня 10–12 тыс. км пробега [1, 10]) составит 50–60 тыс. км пробега. Исходя из общего ресурса колеса 400–500 тыс. км пробега [1], общий ресурс колеса сокращается на 10–12,5 %. С учетом наблюдающегося в настоящее время дефицита колес целесообразным представляется допускать на колесах с минимальной толщиной обода выщербины до 6 мм, даже при снижении толщины обода вместе выщербины менее 22 мм. Эквивалентные напряжения в месте выщербины здесь будут практически такие же, как у нового колеса с выщербиной.

Оценка усталостной прочности колес с выщербинами

Усталостная прочность колес оценивается по зоне перехода от диска к ободу колеса. Распределение эквивалентных напряжений в зоне перехода от обода к диску для колеса с минимальной толщиной обода без выщербины и при наличии выщербины показано на рисунке 3.

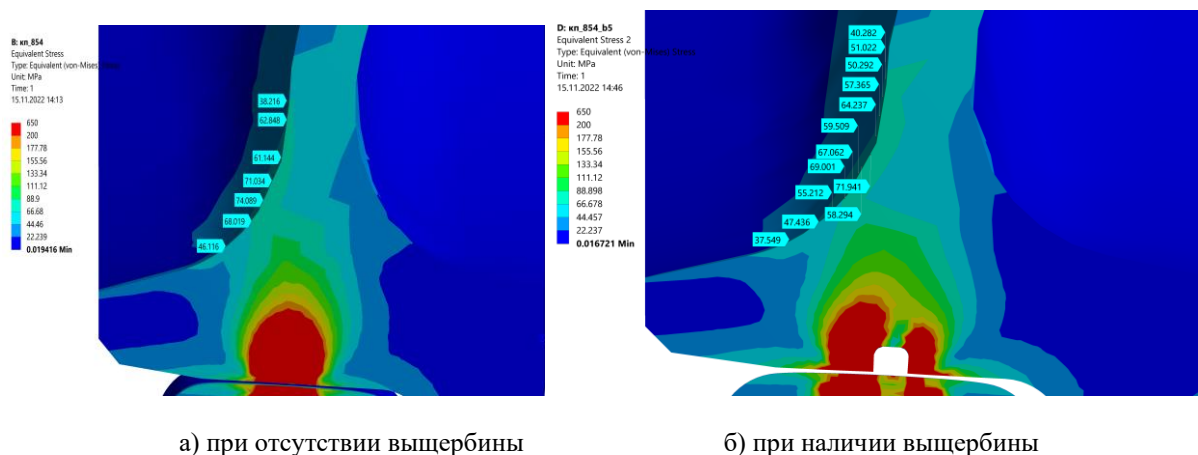


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжения в зоне перехода от диска к ободу колеса

Как видно из рисунка 3, наличие выщербины практически не влияет на напряженное состояние в зоне перехода от диска к ободу колеса.

Для снижения потребности в колесах у грузовых вагонов представляется целесообразным производить измерение толщины обода колеса вне выщербин. Так как влияние выщербины на колесо с номинальной и минимальной толщиной обода практически одинаково. Внедрение предлагаемого мероприятия исключит преждевременную браковку колес по дефекту «тонкий обод».

Заключение

1. Определены напряжения и контактные давления в системе «колесо-рельс» для четырех моделей колеса с номинальной и минимальной толщиной обода при наличии и отсутствии выщербины путем численного решения с использованием метода конечных-элементов. Моделировался контакт колеса с рельсом Р65. В результате расчета были получены напряжения и контактные давления.

2. В результате проведенных расчетов установлено, что у колеса с выщербиной глубиной 6 мм с уменьшением толщины обода величина эквивалентных напряжений в месте выщербины практически не изменяется (1754 МПа при номинальной толщине обода и 1762 МПа при минимальной).

3. Исходя из результатов проведенных расчетов сформулировано предложение по повышению ресурса колес, которое заключается в том, что у колес с минимальной толщиной обода можно допускать выщербины на поверхности катания до 6 мм, при этом минимальная толщина обода вместе выщербины должна быть не менее 16 мм.

4. Разработанные мероприятия позволят снизить дефицит колес вагонов без ущерба для безопасности движения поездов. Внедрение предлагаемых мероприятий может быть осуществлено путем внесения изменений в существующие нормативные документы и практически не требует затрат на их внедрение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлова А.М., Воробьев А.А. Библиографические исследования вопросов интенсивности износа и механизмов образования усталостного выкрашивания рабочей поверхности обода в зависимости от типа подвижного состава, осевой нагрузки, рельефа и профиля пути (прямые, кривые, подъёмы и уклоны), скоростей движения и пробега. Постановка задач для расчетных и экспериментальных исследований для профиля ГОСТ 10791 /Отчет по теме 80. часть 1. СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – 165 с.
2. Воробьев А.А., Иванов А.Н., Урушев С.В., Конограй О.А., Федоров И.В. Методика расчета размера контактно-усталостных повреждений железнодорожного колеса по результатам, полученным на модельных роликах / А. А. Воробьев, И. В. Федоров, И. А. Иванов [и др.] // Бюллетень результатов научных исследований. – 2018. – № 1. – С. 18-24.
3. Инструкция по техническому обслуживанию вагонов в эксплуатации. Утверждена Советом по железнодорожному транспорту Государств - участников Содружества Протокол от 21-22 мая 2009 г. № 50 – М.: Транспорт, 2010. – 92 с.
4. И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Г.Б. Иосилевич. Расчет на прочность деталей машин. Справочник. Издание третье, переработанное и дополненное – М.: «Машиностроение», 1979. –702 с.
5. ГОСТ 10791–2011 Колеса цельнокатаные. Технические условия.– М.: «Стандартинформ», 2012. –53 с.
6. ГОСТ Р 51685 – 2013 Рельсы железнодорожные. Общие технические условия. – М.: «Стандартинформ», 2014. –101 с.
7. С.И.Трушин Метод конечных элементов. Теория и задачи. Учебное пособие. – М.: «АГВ», 2008. – 256 с.
8. ГОСТ 33783–2016 Колесные пары железнодорожного подвижного состава. Методы определения показателей прочности. – М.: «Стандартинформ», 2016. –68 с.
9. Орлова А. М., Воробьев А.А. Определение методами математического моделирования движения грузового и пассажирского вагона: размера пятна контакта колеса и рельса, давления в пятне контакта (напряжения под поверхностью колеса), сил крипа, мощностей сил крипа, с учетом осевой нагрузки, скорости движения, износа профиля колеса (для профиля ГОСТ10791) в паре с рельсами Р65 /Отчет по теме 80. часть 3. СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – 75 с.
10. Орлова А. М., Воробьев А.А. Разработка расчетной методики оценки ресурса колес. Оценка ресурса колес ОАО «ВМЗ» с учетом результатов испытаний образцов в зависимости от свойств материала, конструктивной скорости, осевой нагрузки, варианта репрезентативного маршрута и параметров промежуточных технологических обточек с целью восстановления профиля колеса. Сравнение результатов расчета ресурса колес с фактическими данными в условиях эксплуатации/Отчет по теме 80. часть 7. СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2017. – 23 с.

УДК 004.94

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА

Зарипов Р.А., Воссин В.А., Терехин М.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: в работе представлено имитационное моделирование пневматической тормозной системы грузового поезда на базе платформы Fluidsim 4 библиотеки Pneumatic. В результате была разработана имитационная модель тормозной системы грузового поезда, а также получены графики переходных процессов, благодаря которым было определено время запаздывания стабилизации давления в пневматической тормозной системе в момент растормаживания и торможения поезда.

Ключевые слова: имитационная модель, переходные процессы, тормозная система, пневматическая схема, fluidsim, грузовой поезд.

SIMULATION OF THE BRAKING SYSTEM OF A FREIGHT TRAIN

Zaripov R.A., Vossin V.A., Terekhin M.A.

Samara State University of Railway Transport

Abstract: this paper presents a simulation simulation of the pneumatic braking system of a freight train based on the Fluidsim 4 platform of the Pneumatic library. As a result, a simulation model of the braking system of a freight train was developed, as well as graphs of transients were obtained, thanks to which the delay time of pressure stabilization in the pneumatic braking system at the time of disinhibition and braking of the train was determined.

Keywords: simulation model, transients, braking system, pneumatic circuit, fluidsim, freight train.

Обеспечение безопасности при движении железнодорожного транспорта является одной из основополагающих задач транспортной отрасли. Для перевозок различных товаров, сыпучих, горючих, жидких и др. веществ применяются грузовые поезда, которые отличаются от пассажирских повышенным весом и длиной [1, 2]. В работах [3–5] рассмотрены существующие тормозные системы для грузовых поездов, которые представляют собой пневматическую систему, основой которой является тормозная магистраль, проходящая через весь состав и имеющая длину до двух километров. Изменяя из кабины локомотива давление воздуха в тормозной магистрали, машинист приводит в действие в каждом из вагонов тормозной цилиндр. Сжатый воздух, поступающий в цилиндры, приводит в действие рычаги, которые прижимают тормозные колодки к поверхности качения колес вагонов [3–5].

Тормозная система заполняется сжатым воздухом компрессором локомотива. Очень важно контролировать давление воздуха в тормозной магистрали, так как недостаточное давление из-за разгерметизации магистрали (например, разрыва ее многочисленных сочленений между вагонами) может привести к несрабатыванию тормозного оборудования [3, 4].

Торможение само по себе является сложным процессом, требующим четкого соблюдения режимов, предписанных режимными картами вождения поездов. Отклонение от режимов может вызвать большие динамические усилия, которые приводят к саморасцепки поездов, выбросу вагонов из середины поезда и другим аварийным ситуациям. Режимы торможения разрабатываются в результате испытательных поездок для поездов разного веса и длины. Кроме того, режимы торможения зависят от профиля местности, состояния пути, схемы формирования поездов, времени года, метеоусловий.

Одним из основных резервов увеличения пропускной и провозной способности сети железных дорог является увеличение веса и длины грузовых поездов [1, 2].

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 [3–5].

Повышение надежности и безопасности тормозных систем возможно посредством исследования, обнаружения и своевременного устранения недостатков, а также совершенствование существующих систем. Эмпирическим путём решать данную задачу не всегда представляется возможным ввиду ограничений накладываемых агрессивной средой: вибрационные и ударные нагрузки, широкий диапазон температур, влажность, воздействие электромагнитных помех и др., а также дороговизной экспериментов и повышенной опасностью при их проведении.

Целью настоящей работы является имитационное моделирование тормозной системы грузового поезда на базе платформы Fluidsim 4 библиотеки Pneumatic.

В сложившейся ситуации исследователи нередко прибегают к имитационному моделированию, которое позволяет наглядно изучить работу системы, а также предусмотреть возможные недостатки и неточности на начальных этапах проектирования.

В газодинамической модели, структура которой приведена на рисунке 1, рассматриваются неустановившиеся процессы тормозной магистрали грузового поезда. На этом рисунке обозначены: 1 – кран машиниста; 2 – запасной резервуар; 3 – воздухораспределитель; 4 – тормозной цилиндр, 5-ЭПК хвостового вагона.

Тормозная система грузового поезда – это пневматическая система, основой которой является тормозная магистраль, проходящая через весь состав и имеющая длину для длинно-составных поездов до двух километров.

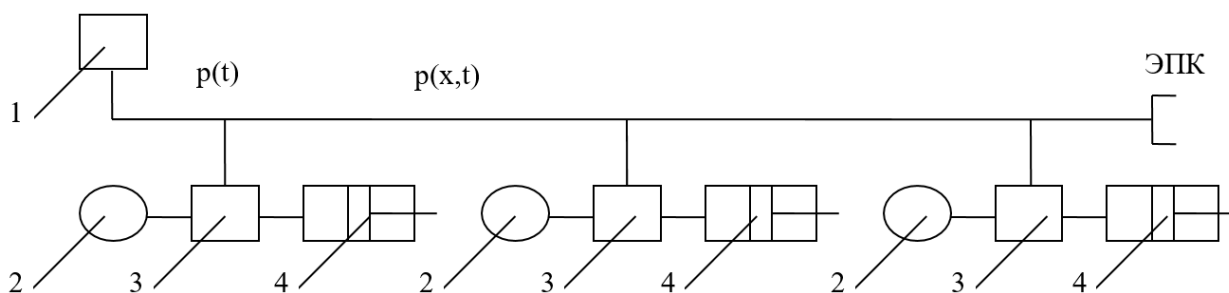


Рис. 1. Структура газодинамической модели пневматической тормозной системы грузового поезда

Уменьшая специальным устройством – тормозным краном машиниста (ТКМ) – давление воздуха в тормозной магистрали, машинист с помощью воздухораспределителей в каждом вагоне разрешает подачу сжатого воздуха из запасного резервуара в тормозной цилиндр. Сжатый воздух, поступающий в тормозные цилиндры, приводит в действие рычаги, которые прижимают тормозные колодки к поверхности качения колес вагонов. Заполнение тормозной магистрали сжатым воздухом компрессором локомотива приводит к отпусанию тормозов (отводу тормозных колодок от поверхностей качения колес).

Очень важно контролировать давление воздуха в тормозной магистрали, так как недостаточное давление из-за разгерметизации магистрали (например, разрыва ее многочисленных сочленений между вагонами) может привести к несрабатыванию тормозного оборудования.

Имитационное моделирование тормозной системы грузового поезда проводилось посредством программного обеспечения FluidSim компании Festo Didactic. Данное ПО позволяет моделировать гидравлические и пневматические системы управления, наглядно изучать работу системы благодаря анимации. Имитационные модели, построенные на базе пакета FluidSim представлены в работах [6–8].

Имитационная модель системы торможения вагонов грузового поезда изображена на рисунке 2. Количество вагонов при моделировании – 72 шт. Имитационная модель состоит из следующих элементов:

- источник сжатого воздуха;
- блок подготовки воздуха;
- ресивер;
- бистабильный распределитель 3/2 с рычажным управлением;
- манометр;
- дроссель;
- глушитель;
- обратный клапан;
- пневматический цилиндр одностороннего действия с возвратной пружиной.

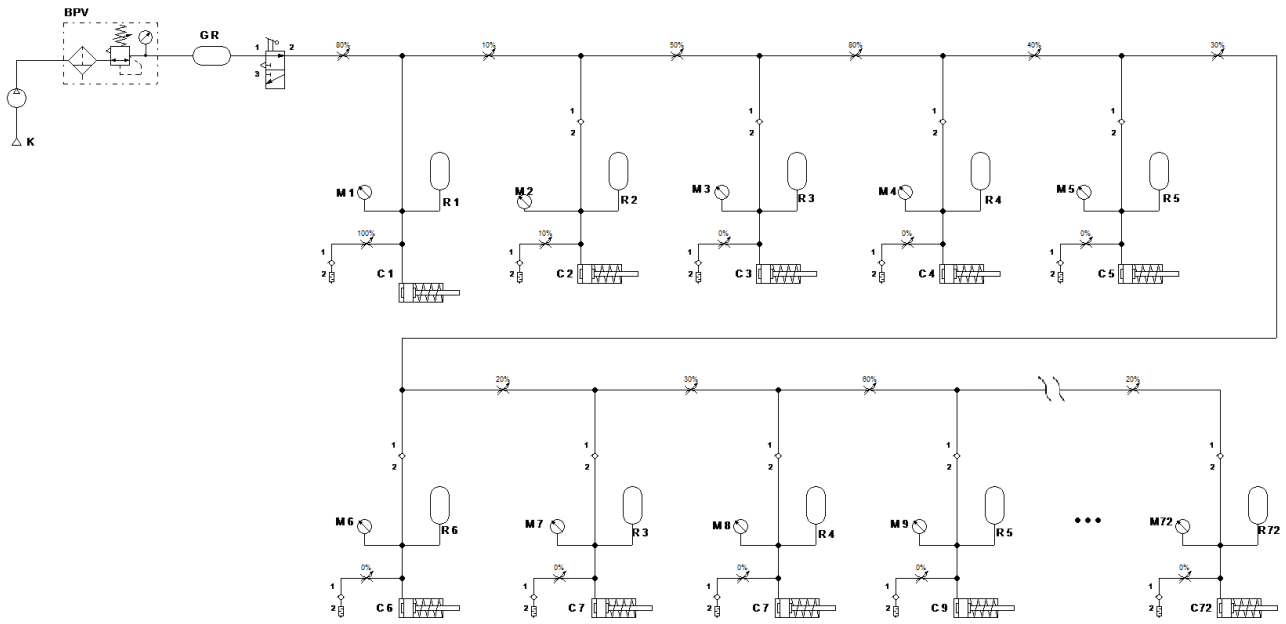


Рис. 2. Имитационная модель системы торможения вагонов грузового поезда

В результате моделирования пневматической тормозной системы были получены графики переходных процессов системы изображенные на рисунке 3, где а) перемещение штока цилиндра С1 1-го вагона, мм; б) Давление в манометре М1 1-го вагона, МПа; с) перемещение штока цилиндра С72 72-го вагона, мм; д) – Давление в манометре М72 72-го вагона, МПа.

Работа имитационной модели тормозной системы грузового поезда описывается следующим образом. На интервале времени от 0 до 10 секунд происходит растормаживание грузового поезда, характеризующееся выдвиганием штоков пневмоцилиндров, которые в свою очередь отжимают тормозные колодки от колесной пары, после чего поезд может осуществлять движение. Нельзя не заметить, что стабилизация давления в тормозной системе происходит не равномерно, и время запаздывания уравнивания давления в последнем 72-м вагоне относительно первого вагона составляет 5 секунд.

Торможение поезда происходит следующим образом: при переключении крана машиниста в соответствующее положение начинается процесс стравливания воздуха из тормозной магистрали, при этом штоки пневматических цилиндров втягиваются, тем самым прижимают тормозные колодки к колёсной паре и происходит торможение. При торможении давление в магистрали стабилизируется также неравномерно как и в процессе растормаживания, время запаздывания составляет 7 секунд.

Для определения места утечки в тормозной магистрали, в случае срабатывания тормозной системы в начале движения поезда, предложена методика в работах [5, 9, 10].

В результате была разработана имитационная модель тормозной системы грузового поезда, а также получены графики переходных процессов, благодаря которым было определено время запаздывания стабилизации давления в пневматической тормозной системе в момент растормаживания и торможения поезда.

Дальнейшим развитием работы является внедрение в имитационную модель шести положений крана машиниста: 1 – отпуск и зарядка тормозной магистрали (ТМ), 2 – поездное, 3 – перекрыша без питания, 4 – перекрыша с питанием, 5 – служебное и 6 – экстренное торможение, а также имитация одновременного торможения с головы и хвоста поезда.

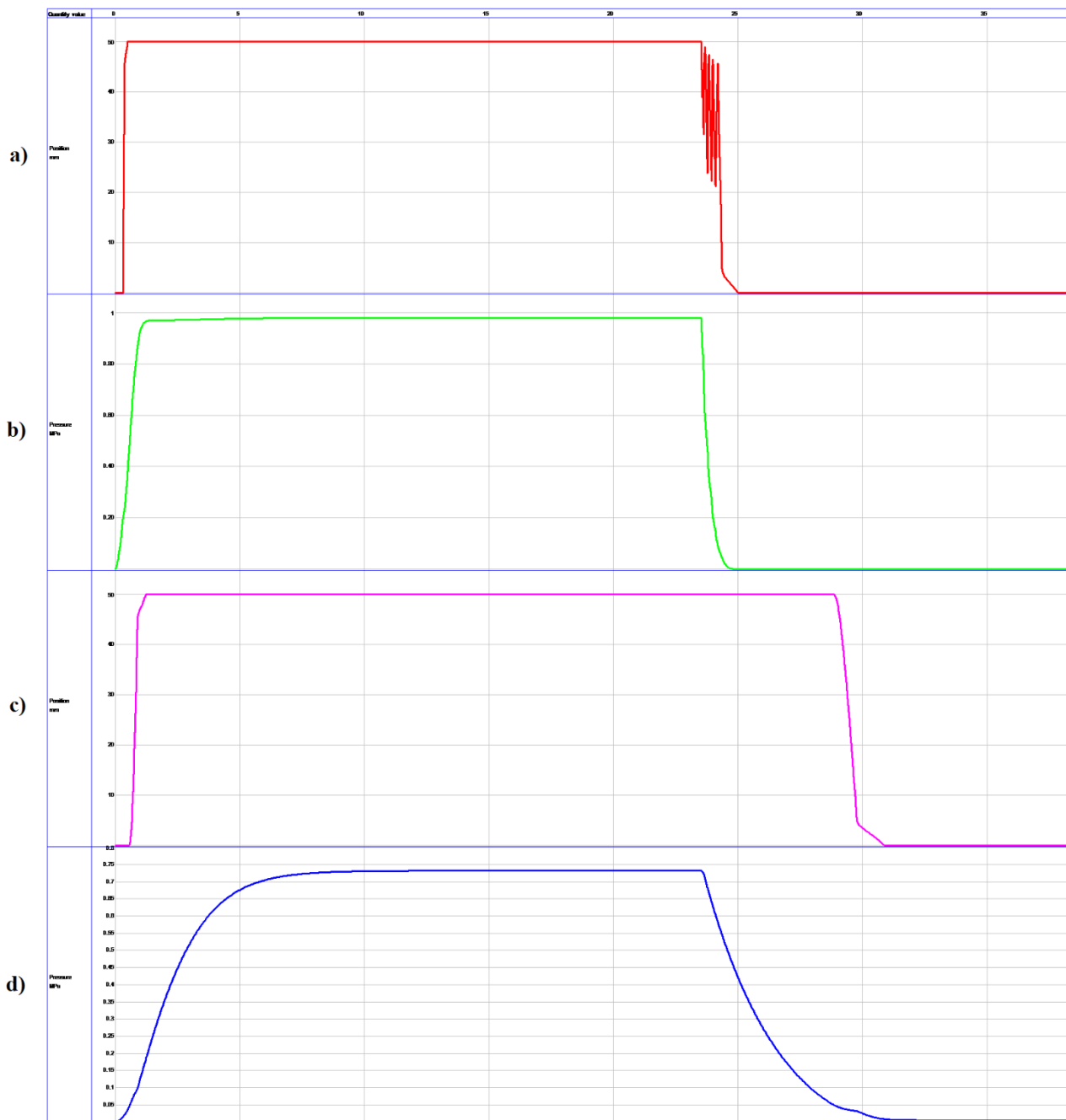


Рис. 3. Переходные процессы имитационной модели системы торможения: а) перемещение штока цилиндра С1 1-го вагона, мм; б) давление в манометре М1 1-го вагона, МПа; с) перемещение штока цилиндра С72 72-го вагона, мм; д) давление в манометре М72 72-го вагона, МПа

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. Иноземцев В.Г. Тормоза железнодорожного подвижного состава: Вопросы и ответы. – М.: Транспорт, 1987.–207 с.
4. Иноземцев В.Г., Казаринов В.М., Ясенцев В.Ф. Автоматические тормоза: Учебник для вузов ж.д. транспорта. – М.: Транспорт, 1981 – 464 с.
5. Засов В.А., Зарипов Р.А. Автоматизация контроля и управления тормозной системой грузовых поездов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 100-105. – EDN RQACLA.

6. Терехин М.А. Имитационная модель пневматической системы управления цилиндром двухстороннего действия при помощи бистабильного распределителя 5/2 и логических элементов "и", "или" // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – С. 158-162. – EDN XULNOS.

7. Сафин Р.Р., Рудаков А.А., Антонова В.В., Болгов А.В., Терехин М.А. Имитационная модель сортировочной линии с пневматическими толкателями технологического процесса изготовления простейших крепежных деталей // Наука и образование транспорту. – 2020. – № 2. – С. 49-52. – EDN UAJBHY.

8. 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. – EDN YUBTXW.

9 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. Опубл. в БИ №2, 1999.

10. 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. Опубл. в БИ №22, 1998.

УДК 004.94

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАМАТЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКСТРУЗИОННОЙ ЛИНИИ

Козлов Е.В., Воссин А.В., Лебакин И.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: в данной статье разработана имитационная модель системы автоматического управления наматывающего устройства лабораторной экструзионной линии на базе ПО MatLab Simulink. В процессе моделирования наматывающего устройства были получены графики переходных процессов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, система автоматического управления, наматывающее устройство, экструзионная линия, MatLab, Simulink.

SIMULATION MODEL OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE WINDING DEVICE OF THE LABORATORY EXTRUSION LINE

Kozlov E.V., Vossin A.V., Lebakin I.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: in this article, a simulation model of the automatic control system of the winding device of a laboratory extrusion line based on MatLab Simulink software has been developed. In the process of modeling the winding device, transient graphs were obtained.

Keywords: simulation modeling, automatic control system, winding device, extrusion line, MatLab, Simulink.

Экструзионные линии предназначены для изготовления из высоковязких материалов различного рода изделий, примером таких изделий являются: пленки, листы, профили, трубы, а также пластик для 3D-принтера.

Для проведения экспериментов с различными видами полимеров существуют лабораторные экструзионные линии, которые чаще всего оснащаются охлаждающим, тянущим и наматывающими устройствами [1, 2].

Наматывающее устройство регулирует скорость вращения электродвигателя в зависимости от прогиба, изготавливаемого филамента, а также обеспечивает равномерную намотку на катушку, после чего получается итоговое изделие.

Из вышесказанного следует, что разработка имитационной модели САУ наматывающего устройства лабораторной экструзионной линии является актуальной задачей.

Разработка имитационной модели проектируемой системы автоматического управления наматывающего устройства лабораторной экструзионной линии проводилось при помощи прикладного пакета Matlab с использованием библиотек Simulink и SimPowerSystem [3, 4].

Время имитационного моделирования соответственно равно 7 сек. В блоке 14 указывается сигнал задания скорости равный 5 рад/с. В блоке 2 задается напряжение равное 12 В. В блоке 4 наложены ограничения на входной сигнал равное 8 по верхнему и нижнему уровню. В блоке 10 задается сигнал момента сопротивления равный 10Нм.

В качестве регулятора скорости шагового двигателя наматывающего устройства используется блок ПИД-регулятора. Воспользовавшись «PID Tuning Algorithm» определили коэффициенты ПИД-регулятора k_I, k_P, k_D .

Коэффициенты ПИД-регулятора получены путём автоматической подборки и соответственно равны: пропорциональная составляющая – 20, интегральная составляющая – 100 и дифференциальная составляющая – 0,1.

Описание блоков имитационной модели системы автоматического управления (САУ) наматывающего устройства представлено в таблице 1. Описание блока № 28 «Data w» имитационной модели системы автоматического управления (САУ) наматывающего устройства представлено в таблице 1.

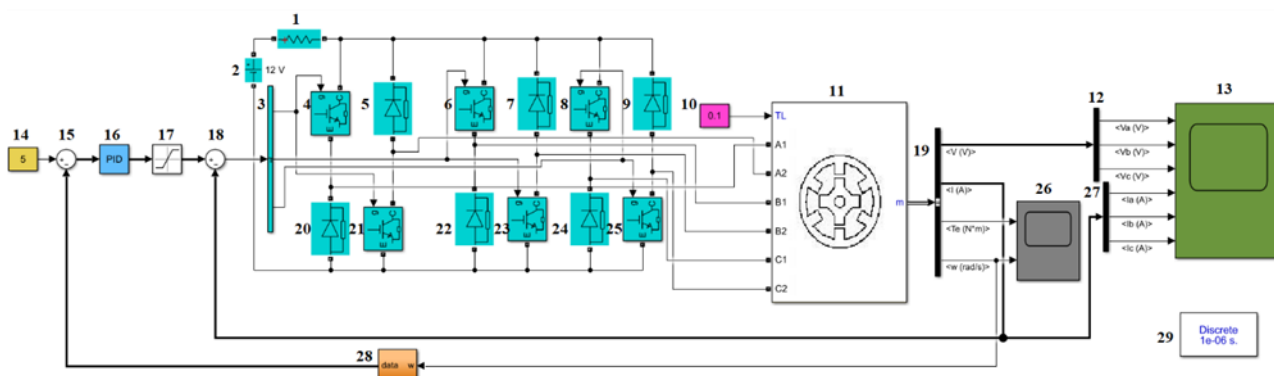
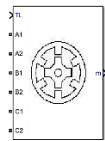




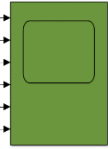
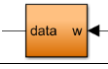


Рис. 1. Имитационная модель САУ наматывающего устройства на базе ШД

Таблица 1

Описание блоков имитационной модели САУ наматывающего устройства экструзионной линии

№ п/п	Номер блока в модели	Название блока	Пиктограмма блока	Описание
1	1	Series RLC Branch Последовательное соединение RLC		Блок реализует резистор.
2	2	DC Voltage Source Источник постоянного напряжения		Блок реализует идеальный источник постоянного напряжения.
3	3	BusSelector Блок шинного селектора		Выделяет из шины требуемые сигналы.
4	4, 6, 8, 21, 23, 25	IGBT Биполярный транзистор с изолированным затвором		Реализует полупроводниковое устройство (транзистор), управляемое сигналом затвора.
5	5, 7, 10, 20, 22, 24	Diode Диод		Реализует полупроводниковое устройство (диод).
6	10	Constant Источник постоянного сигнала		Задает постоянный по уровню сигнал момента сопротивления.

№ п/п	Номер блока в модели	Название блока	Пиктограмма блока	Описание
7	11	Switched Reluctance Motor Коммутируемое магнитное сопротивление двигателя		Блок реализующий шаговый двигатель.
8	12, 19, 27	BusSelector Блок шинного селектора		Реализует полупроводниковое устройство (транзистор), управляемое сигналом затвора.
9	14	Constant Источник постоянного сигнала		Задаёт постоянный по уровню сигнал скорости задания.
10	15, 18	Sum Сумматор		Выполняет вычисление суммы текущих значений сигналов.
11	16	PID Controller ПИД Контроллер		Реализует ПИД-регулятор, в котором вводятся параметры для пропорциональных, интегральных и производных членов.
12	17	Saturation Ограничитель		Блок накладывает верхний и нижний пределы на входной сигнал.
13	13, 26	Scope Осциллограф		Строит графики исследуемых сигналов в функции времени. Позволяет наблюдать за изменениями сигналов в процессе моделирования.
14	28	Data w Датчик скорости		Блок реализует датчик определения скорости вращения.
15	29	Powergui Графический интерфейс пользователя		Блок является инструментом графического интерфейса пользователя.

В результате имитационного моделирования, при помощи блока «Scope», имитирующего работу осциллографа, были получены переходные процессы работы системы автоматического управления наматывающего устройства на базе шагового двигателя, представленные на рисунках 3–4: « $T_e (N*m)$ » – электромагнитного момента на валу двигателя, Нм; « $w (rad/s)$ » – скорости шагового двигателя при изменении нагрузок на валу, рад/с; « $V_a (V)$, $V_b (V)$, $V_c (V)$ » – напряжений на обмотках двигателя, В; « $I_a (A)$, $I_b (A)$, $I_c (A)$ » – токов на обмотках шагового двигателя, А.

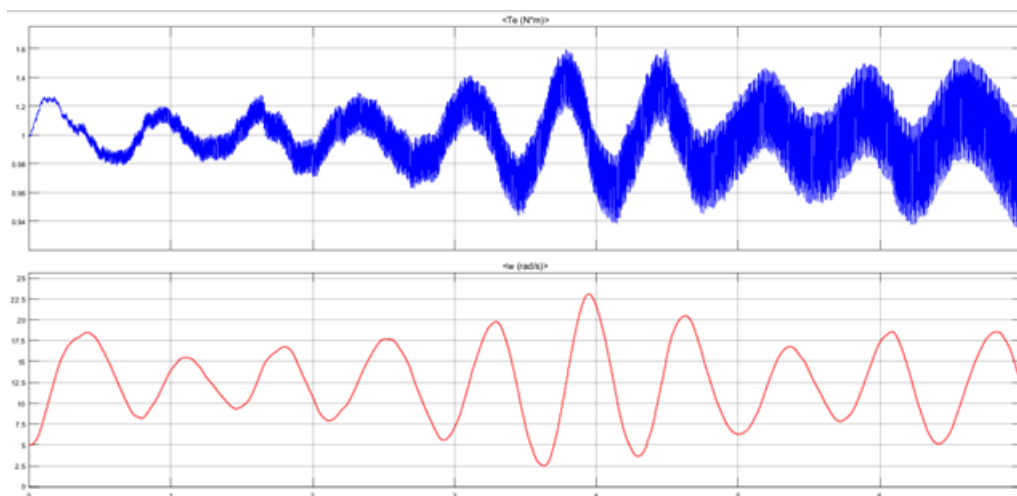


Рис. 2. Графики переходных процессов имитационной модели САУ наматывающего устройства на базе ШД: « $T_e (N*m)$ » – электромагнитный момент на валу двигателя, Нм; « $w (rad/s)$ » – скорость шагового двигателя при изменении нагрузок на валу, рад/с



Рис. 3. Графики переходных процессов токов и напряжений на обмотках шагового двигателя имитационной модели САУ наматывающего устройства: « V_a (V), V_b (V), V_c (V)» – напряжения на обмотках двигателя, В; « I_a (A), I_b (A), I_c (A)» – токи на обмотках шагового двигателя, А

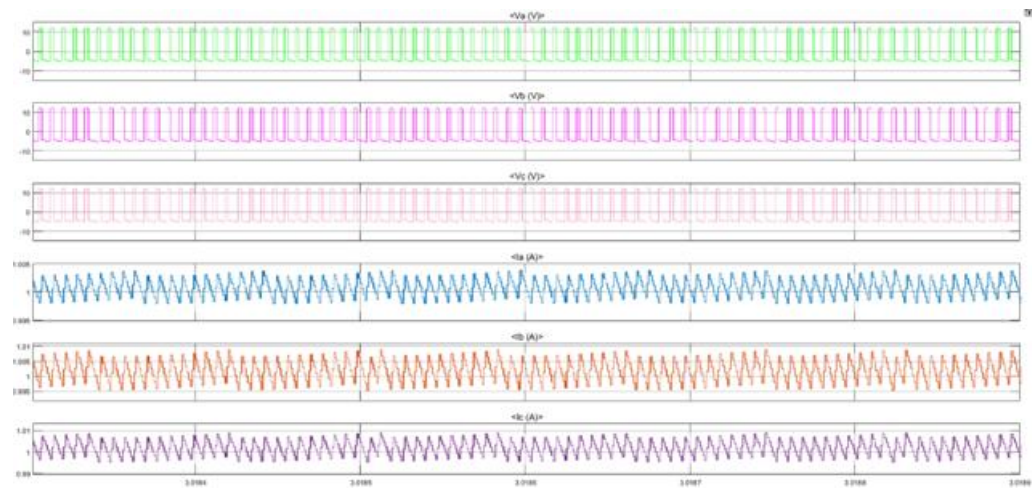


Рис. 4. Графики переходных процессов токов и напряжений на обмотках шагового двигателя имитационной модели САУ наматывающего устройства в увеличенном масштабе: « V_a (V), V_b (V), V_c (V)» – напряжения на обмотках двигателя, В; « I_a (A), I_b (A), I_c (A)» – токи на обмотках шагового двигателя, А

Моделирование системы автоматического управления наматывающего устройства лабораторной экструзионной линии позволило получить имитационную модель и графики переходных процессов, что позволило подтвердить адекватность работы системы. Достигнутые результаты представляют интерес при имитационном моделировании мехатронных систем [5–7].

Дальнейшим развитием данной тематики является разработка адаптивной системы управления наматывающего устройства экструзионной линии с идентификацией [8–10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перухин Ю. В. Расчет и конструирование изделий из пластмасс и формующей оснастки. Экструзионный формующий инструмент : учебное пособие / Ю. В. Перухин, Т. Р. Дебердеев, С. Н. Русанова; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. – 96 с.
2. Терехин М.А., Иванов Д.В. Разработка системы автоматического управления тянущего устройства // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 99-100. – EDN DJKIED.
3. Герман-Галкин, Сергей Германович. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде MATLAB-SIMULINK [Текст] : учебник / С. Г. Герман-Галкин. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013. – 442 с.
4. Половко А.М., Бутусов П.Н. MATLAB для студента. – СПб.: БВХ-Петербург, 2005. – 320 с.

5. Сафин Р.Р., Рудаков А.А., Антонова В.В., Болгов А.В., Терехин М.А. Имитационная модель сортировочной линии с пневматическими толкателями технологического процесса изготовления простейших крепежных деталей // Наука и образование транспорту. – 2020. – № 2. – С. 49-52. – EDN UAJBHY.

6. Терехин М.А. Имитационная модель пневматической системы управления цилиндром двухстороннего действия при помощи бистабильного распределителя 5/2 и логических элементов "и", "или" / М. А. Терехин // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – С. 158-162. – EDN XULNOS.

7. Терехин М.А., Сандлер И.Л. Имитационная модель гидравлической системы управления крана манипулятора на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 135-140. – EDN AVQHVO.

8. Ivanov, D.V., Katsyuba O.A. Recurrent identification of autoregression in the presence of observation noises in output signal // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009; Proceedings : International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009, 27–28 марта 2009 года / sponsors: Russian Found. Basic Res. RBFR proj. 09-07-06004, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Radar R and D. – Tomsk, 2009. – P. 79-82. – DOI 10.1109/SIBCON.2009.5044833. – EDN MXBYZJ.

9. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики Северная Осетия-Алания, Министерство РСО-алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL.

10. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.

УДК 004.94

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ НАМАТЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКСТРУЗИОННОЙ ЛИНИИ

Лебакин И.В., Воссин А.В., Козлов Е.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: в данной статье представлена разработка конструкции наматывающего устройства лабораторной экструзионной линии на базе САПР SolidWorks. В процессе проектирования конструкции наматывающего устройства получили 3D модели её составных элементов. В результате имитационного моделирования получен переходный процесс угловой скорости вращения вала шагового двигателя.

Ключевые слова: моделирование, САПР, 3D модель, наматывающее устройство, экструзионная линия, SolidWorks, шаговый двигатель.

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF THE WINDING DEVICE OF THE LABORATORY EXTRUSION LINE

Lebakin I.V., Vossin A.V., Kozlov E.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: this article presents the development of the design of the winding device of a laboratory extrusion line based on CAD SolidWorks. In the process of designing the structure of the winding device, 3D models of its constituent elements were obtained. As a result of simulation modeling, a transient process of angular velocity of rotation of the shaft of a stepper motor is obtained.

Keywords: modeling, CAD, 3D model, winding device, extrusion line, SolidWorks, stepper motor.

Лабораторные экструзионные линии позволяют экспериментировать с различными видами полимеров, а также используются для обучения персонала, поскольку одним из важных факторов, влияющих на стабильную работу производства является безопасность, поэтому разработка таких устройств является необходимым для современного производства.

К тому же миниатюрная экструзионная линия позволяет в точности отобразить технологический процесс, и в отличие от промышленных линий при изготовлении небольшого объема 3D-нити не приходится затрачивать большое количество ресурсов [1, 2].

Немаловажным компонентом экструзионной линии является наматывающее устройство, которое в зависимости от прогиба изготавливаемого прутка нити увеличивает или снижает скорость вращения двигателя, выступающего в роли исполнительного устройства.

Из вышесказанного следует, что разработка конструкции наматывающего устройства лабораторной экструзионной линии является актуальной задачей.

Трёхмерное моделирование конструкции наматывающего устройства проводилось при помощи программного комплекса SolidWorks [3]. Внешний вид 3D-модели платформы для лазерного датчика измерения прогиба нити изображен на рисунке 1А. Данная деталь имеет отверстие диаметром 20 мм для непосредственного монтажа лазера и прямоугольный вырез под печатную плату с фоторезисторами, габаритные размеры которого равны 67x20x2 мм.

Внешний вид 3D-модели устройства равномерного распределения нити на катушку изображен на рисунке 1Б. Данное устройство разделено на несколько частей: платформа для электродвигателя, платформа для распределяющего устройства, реверсивный винт, внутреннее и внешнее зацепляющиеся кольца, а также крепление для фиксации электродвигателя. Габаритные размеры платформ электродвигателя и реверсивного винта соответственно равны 65x40x2 мм и 95x40x5 мм. Длина реверсивного винта равна 130 мм, а диаметр 20 мм. Внутреннее кольцо имеет диаметр 21 мм, внешнее – 25 мм. Габаритные размеры крепления электродвигателя соответственно равны 42x42x10 мм. Также данная деталь имеет 4 отверстия, диаметр которых равен 2 мм. Перечень механических элементов распределителя нити представлен в таблице 1.

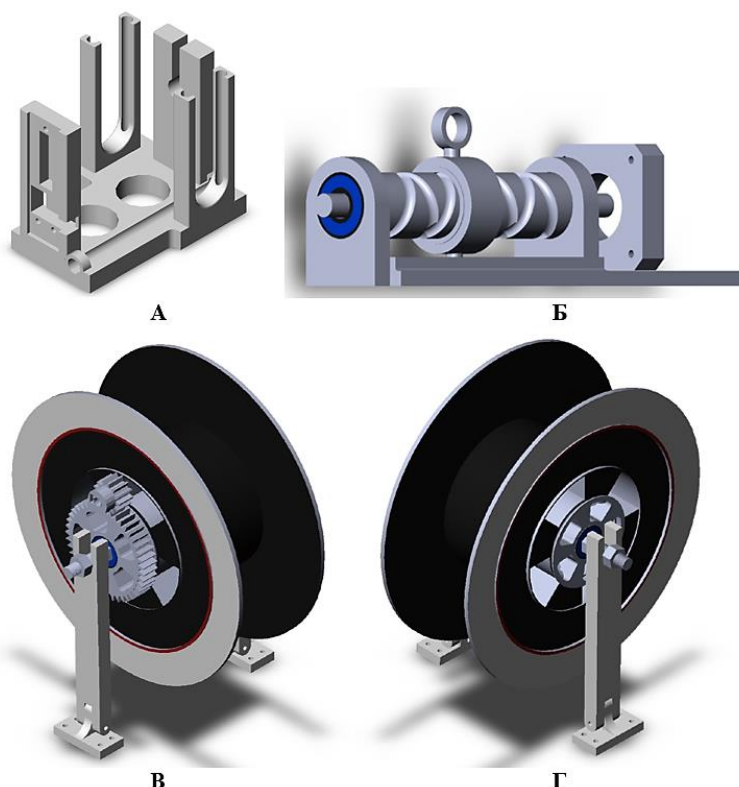

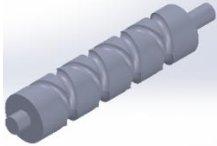
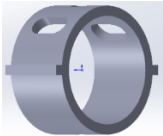
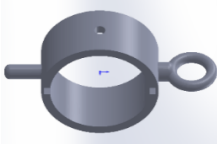
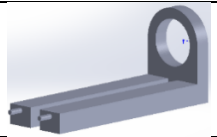
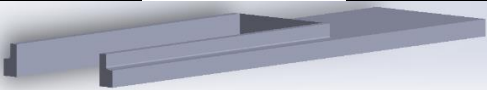



Рис. 1. Внешний вид 3D-моделей основных элементов конструкции наматывающего устройства: А – Платформа для лазерного датчика измерения прогиба нити; Б – Устройство равномерного распределения нити; В – Опора катушки с редуктором (вид слева); Г – Опора катушки с редуктором (вид справа)

Перечень механических элементов распределителя нити

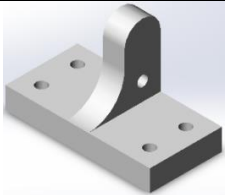
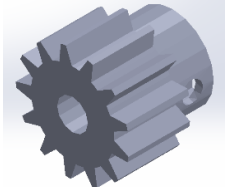




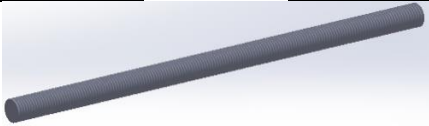
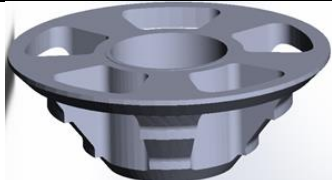
№ п/п	Внешний вид 3D-модели	Наименование
1		Часть платформы для реверсивного винта
2		Реверсивный винт
3		Внутреннее кольцо
4		Внешнее направляющее кольцо
5		Платформа для реверсивного винта
6		Платформа для электродвигателя
7		Подшипник

Внешний вид 3D-модели опоры катушки представлен на рисунках 1В и 1Г. Устройство состоит из следующих элементов: ступица катушки, опорная планка, опорная база, малая и большая зубчатые шестерни. Диаметры ступицы катушки и его сквозного отверстия соответственно равны 60 мм и 20 мм. Габаритные размеры опорной планки равны 140x20x10 мм. Опорная база имеет размеры 40x20x5 мм. Диаметры малой и большой зубчатых шестерен соответственно равен 20 мм и 65 мм. Сквозное отверстие большой шестерни равно 22 мм. Перечень механических элементов катушки представлен в таблице 2.

3D-модель сборки конструкции наматывающего устройства разработана в SolidWorks [3] и представлена на рисунке 2.

В результате компьютерного моделирования механической части посредством функции SolidWorks Motion [4], был получен график переходного процесса угловой скорости вращения вала шагового электродвигателя, изображенный на рисунке 3.

Перечень механических элементов катушки

№ п/п	Внешний вид 3D-модели	Наименование
1		Опора база
2		Ведущая шестерня
3		Ведомое колесо
4		Опорная планка
5		Подшипник
6		Гайка
7		Резьбовая шпилька
8		Ступица катушки

Результатом данной работы являются спроектированные трёхмерные модели основных элементов конструкции, сборка механической части наматывающего устройства, а также полученный в ходе компьютерного моделирования график переходного процесса угловой скорости вращения вала шагового электродвигателя. Полученные результаты представляют интерес при проектировании механических частей подобного рода систем, а также при разработке и изготовлении прототипа наматывающего устройства.

Перспективой дальнейших исследований является разработка адаптивной системы управления наматывающего устройства с идентификацией рассмотренные в работах [4–7].

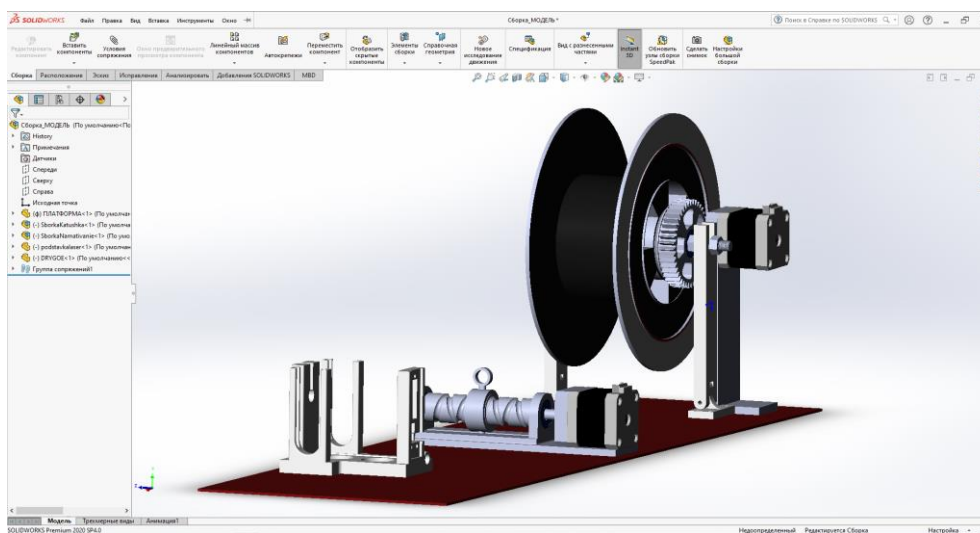


Рис. 2. Окно программного комплекса SolidWorks конструкция наматывающего устройства в сборе

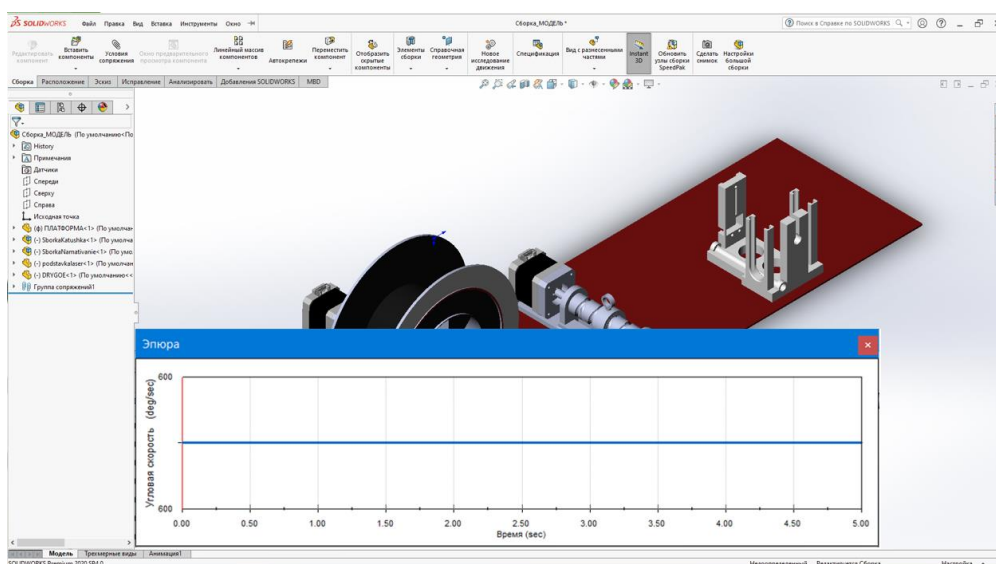


Рис. 3. Окно Solidworks график переходного процесса угловой скорости вращения вала ШД

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раувендааль, К. Экструзия полимеров: экструзионное оборудование, анализ процесса, практические прил. / К. Раувендааль ; Крис Раувендааль ; при участии П. Дж. Грэмманна, Б. А. Дэвиса, Т. А. Освальда ; пер. с англ. яз. 4-го изд. под ред. А. Я. Малкина. – Санкт-Петербург: Профессия, 2006. – 762 с.
2. Терехин М.А., Иванов Д.В. Разработка системы автоматического управления тянущего устройства // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПИС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 99-100. – EDN DJKIED.
3. Зиновьев Д. В. Основы моделирования в SolidWorks . 1-е изд. / под ред. М. И. Азанова. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 240 с.
4. Ivanov, D.V., Katsyuba O.A. Recurrent identification of autoregression in the presence of observation noises in output signal // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009; Proceedings : International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009, 27–28 марта 2009 года / sponsors: Russian Found. Basic Res. RBFR proj. 09-07-06004, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Radar R and D. – Tomsk, 2009. – P. 79-82. – DOI 10.1109/SIBCON.2009.5044833. – EDN MXBYZJ.
5. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.
6. Авсиевич, А. В. Рекуррентное оценивание параметров нелинейных динамических объектов класса ГамМерштейна с помехой на выходе / А. В. Авсиевич, Д. В. Иванов // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 5(60). – С. 43-50. – EDN MUKZEN.

7. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики Северная Осетия-Алания, Министерство РСО-алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL

УДК 004.925.83; 62-229.384

РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ ГИДРОЦИЛИНДРА ГЦ125.50.200

Лебакин И.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной статье разработана 3D-модель гидроцилиндра ГЦ125.50.200 посредством системы автоматизированного проектирования фирмы SolidWorks. Полученные результаты представляют интерес для студентов при изучении гидравлических систем.

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования, трехмерная модель, гидроцилиндр, компьютерное моделирование, SolidWorks.

DEVELOPMENT OF A 3D MODEL OF A HYDRAULIC CYLINDER GTS125.50.200

Lebakin I.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: in this article, a 3D model of the hydraulic cylinder HZ 125.50.200 has been developed using the computer-aided design system of the company SolidWorks. The results obtained are of interest to students in the study of hydraulic systems.

Keywords: computer-aided design systems, three-dimensional model, hydraulic cylinder, computer modeling, SolidWorks.

Гидравлические цилиндры активно используются в строительстве, автомобилестроении, нефте- и газодобыче, на железнодорожном транспорте и многих других сферах промышленности. Преимущества данных систем рассмотрены в работах [1-5]. Шток гидропривода способен долго находиться в выдвинутом состоянии под нагрузкой, примером данного процесса является работа гидравлического пресса. Трёхмерное моделирование позволяет заранее протестировать систему на нагрузки, путём компьютерного моделирования и прочностного расчёта, что в свою очередь даёт возможность исключить недочёты на начальных стадиях проектирования гидравлических систем. Исходя из вышеизложенного разработка 3D-модели гидроцилиндра является актуальной задачей.

В качестве программного обеспечения для проектирования трёхмерной модели гидропривода был выбран пакет SolidWorks, который обладает рядом преимуществ: возможность прочностного расчёта разрабатываемых трёхмерных моделей в приближенных к реальным условиям, а также точный расчёт гидродинамики [6].

За основу проектирования был выбран гидроцилиндр ГЦ125.50.200, который применяется в строительных и других машинах, и совершает обратнопоступательные движения. Технические характеристики гидравлического цилиндра:

- тип – объёмный.
- диаметр поршня – 125 мм;
- диаметр штока – 50 мм.
- ход – 200 мм
- номинальное давление самого агрегата составляет – 16 Мпа;
- максимальное давление – 20 Мпа;

- меж стержневое расстояние – 515 мм;
- масса гидропривода – 24 кг;
- закрепление корпуса типа проушина с шарнирным подшипником;
- толкающее усилие на штоке – 196,25 кН;
- тянущее усилие на штоке – 164,85 кН.

В результате трёхмерного моделирования получили 3D-модель гидроцилиндра, изображенную на рисунках 1–2. Полученные результаты представляют интерес для студентов при изучении гидравлических систем.

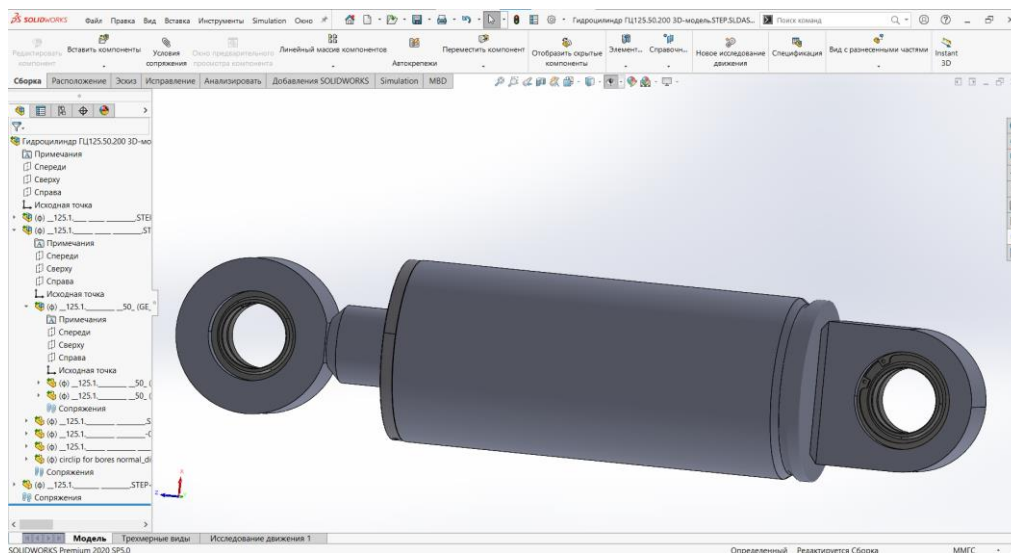


Рис. 1. Окно Solidworks Внешний вид 3D-модели гидроцилиндра

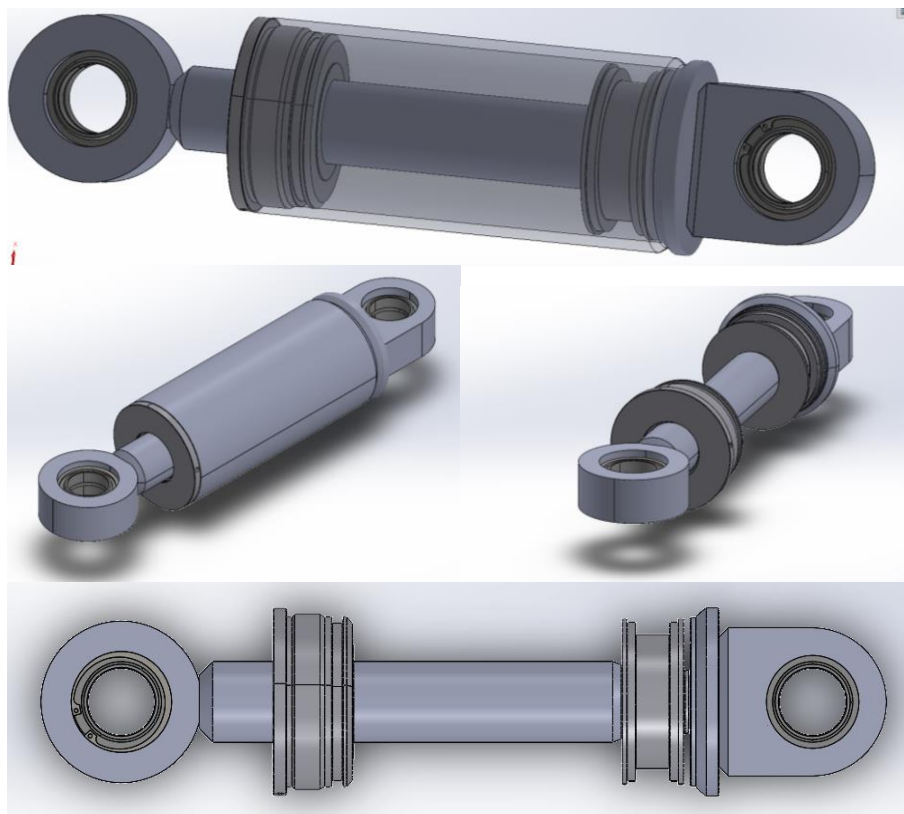


Рис. 2. 3D модель гидравлического цилиндра

В дальнейшем планируется на основе полученной твердотельной 3D-модели посредством SolidWorks провести расчёт на прочность и просчет гидродинамики, а также при помощи дополнительного модуля SolidWorks Motion провести кинематический и динамический расчёт движения штока гидроцилиндра. Также планируется разработать имитационную модель гидравлической системы управления данным гидроцилиндром с использованием алгоритмов идентификации [7–10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терехин М. А., Сандлер И.Л. Имитационная модель гидравлической системы управления крана манипулятора на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 135-140. – EDN AVQHVO.
2. Терехин М. А. Имитационная модель электрогидравлической системы управления лебедки на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 144-150. – EDN QJREEV.
3. Сургучев И. В., Терехин М.А., Читоркин Е.Е. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода механизма поворота автомобильного крана // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 150-155. – EDN LILBKE.
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. – EDN JSDGHP.
5. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., 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. – EDN BYBTXW.
6. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике (+ CD-ROM) / А.А. Алямовский и др. - М.: БХВ-Петербург, 2017. - 800 с.\
7. 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. – EDN CEPKKV.
8. Иванов Д.В., Бурцева Е.А. Имитационная модель гидравлической системы управления разгонного прибора РН-01А // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: МАТЕРИАЛЫ I ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 23–24 апреля 2019 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 151-154. – EDN ZWIRPN.
9. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.
10. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики Северная Осетия-Алания, Министерство РСО-алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL

УДК 656.34

ВПРСЫК ВОДО-МЕТАНОЛА В ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Михальчук В.В., Нестеренко И.С., Нестеренко Г.А.

Омск, Омский государственный технический университет

Аннотация. В статье описывается теория происхождения впрыска дополнительного топлива, обеспечение автономной системы подачи впрыска метанола в двигатель внутреннего сгорания, назначение данной системы, её достоинства и недостатки, анализ работы системы питания двигателя дополнительным топливом.

Ключевые слова: теория происхождения, впрыск водо-метанола, датчик абсолютного давления (ДАД), двигатель внутреннего сгорания, детонация.

INJECTION OF WATER-METHANOL TO THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Mikhalchuk V.V., Nesterenko I.S., Nesterenko G.A.

Omsk, Omsk State Technical University

Abstract. The article describes the theory of the origin of additional fuel injection, the provision of an autonomous system for supplying methanol injection to an internal combustion engine, the purpose of this system, its advantages and disadvantages, and analysis of the operation of the engine supply system with additional fuel.

Keywords: theory of origin, water-methanol injection, absolute pressure sensor (MAP), internal combustion engine, detonation.

Цель статьи: рассказать о системе впрыска водо-метанола в двигателе внутреннего сгорания (ДВС).

Задачи: 1. Обратиться к теории происхождения системы впрыска водо-метанола в ДВС.

2. Проанализировать работу системы питания двигателя дополнительным топливом.

3. Выявить достоинства и недостатки системы впрыска водо-метанола в ДВС.

4. Сделать выводы о значении системы впрыска в ДВС.

Большая часть технологий в работе двигателей внутреннего сгорания далеко не нова, и первые опыты с впрыском водо-метанола в двигатель начались еще в 30-х годах XX столетия. Первый патент на такую систему выдан в СССР в 1934 году. Эта технология не была предназначена для получения добавочной мощности – опыты ставились с целью избежать взрыва топливно-воздушной смеси в цилиндре вместо прогрессивного горения (явления детонации в цилиндрах). В годы после второй мировой войны инженеры стали подключать данную систему для того, чтобы использовать бензин с более низким октановым числом без ущерба для двигателя.

В настоящее время одним из перспективных способов улучшения работы двигателя является впрыск метанола (водо-метанола) в двигатель внутреннего сгорания автомобиля.

Система впрыска водо-метанола служит для снижения температуры впускного воздуха, снижения температуры в камере сгорания, повышения стойкости топлива (в том числе некачественного и низкооктанового).

Смесь воды и метанола в соотношении 50:50 позволяет снизить детонацию, действуя, как антиоксидант, препятствует отложению соединений углерода.

Вода (H₂O) имеет высокую теплоемкость. Это способствует снижению температуры поступающего воздуха. Для сжатия более холодного воздуха затрачивается меньше энергии. То есть, вода является интеркулером. Вода, испаряясь, увеличивается в объеме, тем самым увеличивая и давление внутри цилиндра, поэтому наблюдается и прирост мощности (около 10 %). При впрыске вода становится мелкодисперсной средой с размером частиц (капель) около 0,01 мм, и бензин эти капли сразу обволакивает (так же, как он растекается по поверхности лужи). Поэтому камера сгорания получается заполненной более равномерно (более гомогенизированной смесью). Это увеличивает КПД двигателя и снижает риск детонации.

Метанол (древесный спирт) CH_3OH – бесцветная жидкость с характерным запахом, смешивается с водой в любых соотношениях, растворитель многих органических веществ, горит бледным пламенем медленнее, чем бензин, благодаря чему давление в цилиндрах растёт более плавно и пик его возникает позднее. Увеличивается момент мощности, которая напрямую зависит от соотношения момента и числа оборотов.

Увеличение мощности зависит от типа двигателя, на котором устанавливается впрыск водо-метанола. Мощность увеличивается так же, как она бы увеличилась при переходе на гоночный бензин с октановым числом 105 или 116.

В автомобильной промышленности существует система впрыска закиси азота (*оксид азота*, оксид диазота, N_2O), которой управляет водитель, однако система впрыска водо-метанола абсолютно автономна. Данная система включает в себя датчик абсолютного давления (ДАД), который показывает, когда и в каком количестве подавать метанол в двигатель. От водителя требуется периодически заправлять баллон смесью дополнительного топлива. Современные системы впрыска водо-метанола высокого качества оснащены системами предотвращения ошибок, которые защищают мотор в случае выхода из строя системы подачи водо-метанола, что является безопасным использованием в эксплуатации.

Помимо увеличения мощности и исключения детонации система впрыска водо-метанола делает выхлоп автомобиля более холодным, очищает клапаны и камеры сгорания. Для системы подходит несколько типов жидкостей: чистый метанол, дистиллированная вода, водо-метанольная смесь любой пропорции.

Чтобы система была эффективной и безопасной, она должна соответствовать следующим требованиям: равномерно распределять поток между цилиндрами и менять расход воды в зависимости от объема воздушного потока. Наилучший вариант, когда максимальное количество воды поступает на пике момента. Правильное соотношение вода : воздух – 1:10...1:14 (если недолить воды, то двигатель будет детонировать, появится сильная вибрация; если перелить – топливно-воздушная смесь будет сгорать не полностью, появится стрельба из выхлопной системы). Вода подойдёт только дистиллированная.

За систему впрыска топлива отвечает датчик абсолютного давления – ДАД (MAP в английском варианте), который установлен во впускном коллекторе и является одним из датчиков, используемых блоком управления двигателем (ECM) при расчёте количества топлива необходимого двигателю, путём непрерывного мониторинга информации о давлении во впускном коллекторе. Датчик абсолютного давления также играет важную роль в расчёте момента зажигания при различных нагрузках на мотор.

Но, какой бы датчик ни использовался в двигателе, ECM не сможет оптимизировать впрыск топлива без точной информации о массе воздуха от работающего датчика. Неверное соотношение воздуха и топлива вызовет проблемы с производительностью и преждевременный износ двигателя.

Технология впрыска водо-метанола в ДВС имеет свои достоинства и недостатки.

Достоинства впрыска водо-метанола в ДВС:

1. Возможность работы на обедненных смесях (уменьшается расход топлива) или возможность работы на топливе с более низким октановым числом без ущерба для двигателя.

2. Возможность установки впрыска на авиационной технике.

3. Возможность снижения температуры выхлопных газов.

4. Возможность увеличения мощности двигателя за счет устранения детонации.

Недостатки технологии впрыска водо-метанола в ДВС:

1. Повышенный вес (в настоящее время это устранено за счет применения современных технологий).

2. Необходимость в дополнительном баке для топливной смеси.

3. Трудности использования при низких температурах (необходимо добавлять спирт или метанол).

Выводы:

1. Система впрыска водо-метанола в ДВС является проверенным средством для снижения температуры входящих газов и подавлении губительной детонации для атмосферных двигателей с высокой степенью сжатия.

2. Правильно установленная и настроенная система совершенно безопасна и надежна для двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патлах В.В. Впрыск воды в цилиндры двигателя внутреннего сгорания // Домашние технологии. – 1993–2007 гг. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.patlah.ru>. (дата обращения: 16.01.2023)

2. Мельников Н.В. Электромеханические системы в автоматизации и робототехнике / Н.В. Мельников // Монография. – ИИТ МГУ сервиса, 2003, – 320с.

УДК 62-82; 681.5

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КРАНА-МАНИПУЛЯТОРА НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО РЕЛЕ ПР-114-224.8D4A

Портнов А.А., Калугин Д.С.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: в статье представлена разработка микроконтроллерной системы автоматического управления крана-манипулятора на базе программируемого реле ПР-114-224.8D4A в среде OWEN Logic. Получены структурная и функциональная схемы, алгоритм работы и программная реализация.

Ключевые слова: программируемое реле, OWEN Logic, структурная схема, функциональная схема, кран-манипулятор, алгоритм работы системы управления, программная реализация.

MICROCONTROLLER AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF A CRANE MANIPULATOR BASED ON A PROGRAMMABLE RELAY PR-114-224.8D4A

Portnov A.A., Kalugin D.S.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: the article presents the development of a microcontroller system for automatic control of a crane manipulator based on a programmable relay PR-114-224.8D4A in the OWEN Logic environment. The structural and functional schemes, the algorithm of operation and the software implementation are obtained.

Keywords: programmable relay, OWEN Logic, block diagram, functional diagram, manipulator crane, control system operation algorithm, software implementation.

Краны-манипуляторы находят своё применение при транспортировке различных объектов на железнодорожном транспорте, в сельском хозяйстве, строительстве и многих других сферах [1–3]. Зачастую управление такими системами осуществляется при помощи операторов. В данной работе предлагается автоматизировать данный процесс путём разработки микроконтроллерной системы управления крана-манипулятора.

На рисунке 1 изображена функциональная схема системы автоматического управления краном манипулятором. Схема построена на базе программируемого реле ПР 114-224.8D4A [4], укомплектованного соответствующим набором модулей ввода/вывода. Данную функциональную схему можно разделить на два уровня: средний и нижний. На среднем уровне расположены органы управления, кнопка старт, авария, стоп. На нижнем уровне находятся датчики, исполнительные механизмы, гидрораспределители, приводящие в движение кран манипулятор. Информация со среднего уровня поступает в нижний уровень посредством программируемого реле в котором на момент поступления информации происходит ее обработка и далее осуществляется передача на нижний уровень, уже

непосредственно на исполнительные механизмы. Связь осуществляется посредством шины ModBus RTU RS – 485.

На структурной схеме, рисунок 2, изображены два программируемых реле ПР 114-224.8D4A, которые соединены с интерфейсными модулями ОВЕН ПР-МИ485 при помощи интерфейса UART (универсальный асинхронный приемник/передатчик), которые, в свою очередь, соединены с шиной ModBus RTU RS – 485. К данным ПР проводами подсоединены 11 кнопок: старт, стоп, авария, звена 1 x2, звена 2 x2, звена 3 x2 и платформы x2 МТВ2-BV615. Из ПР выходят 14 дискретных сигналов: работы МТВ2-BV613, аварии МТВ2-BV634, работы звена 1, 2, 3 и платформы МТВ2-BV616, электромагнит звена 1 x2, 2, x2, 3 x2 и платформы ВЕХ16.

Элементы системы управления краном манипулятором были выбраны согласно техническим характеристикам. Были определены: точное количество входов и выходов, необходимых для данной схемы, органы управления системой, а именно кнопки управления, сигнализирующие лампы, оповещающие о состоянии работы. В результате были выбраны такие устройства как программируемое реле (ПР 114-224.8D4A), включающий в себя до 12 дискретных входов (0-11), и до 8 дискретных выходов (0-7), питающийся от сети 220 В.

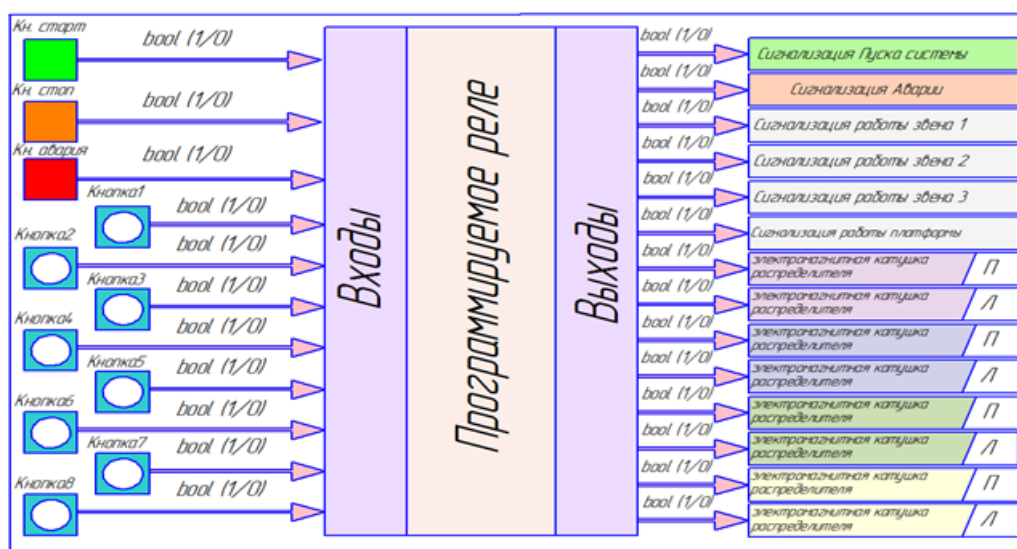


Рис. 1. Функциональная схема системы автоматического управления крана-манипулятора

Элементы системы управления краном манипулятором были выбраны согласно техническим характеристикам. Были определены: точное количество входов и выходов, необходимых для данной схемы, органы управления системой, а именно кнопки управления, сигнализирующие лампы, оповещающие о состоянии работы. В результате были выбраны такие устройства как программируемое реле (ПР 114-224.8D4A), включающий в себя до 12 дискретных входов (0-11), и до 8 дискретных выходов (0-7), питающийся от сети 220В.

Устройством, позволяющее соединить ПР с шиной Modbus RS-485, было выбрано модуль интерфейсный ОВЕН ПР-МИ485. Модуль интерфейсный ПР-МИ485 позволяет производить подключение программируемого реле ПР114 к сети RS-485. Такая связка позволяет опрашивать состояния входов ПР114 и управлять дискретными выходами прибора. Кроме того, имеется возможность считывать и изменять состояние 64-х внутренних переменных. Таким образом, появляется возможность контролировать состояния внутренних переменных, отслеживать выполнение алгоритма, а также удаленно менять уставки, переключать режимы. Питается от ПР114. Для выполнения роли кнопок управления выбраны кнопки МТВ2-BAZ116. В качестве сигнализирующих ламп были использованы лампы МТВ2-BV613. Датчиком положения звеньев послужил электромагнит ВЕХ16.64.Г24. С управляющим напряжением в 24 В, и расходом рабочей жидкости 80–125 л/мин.

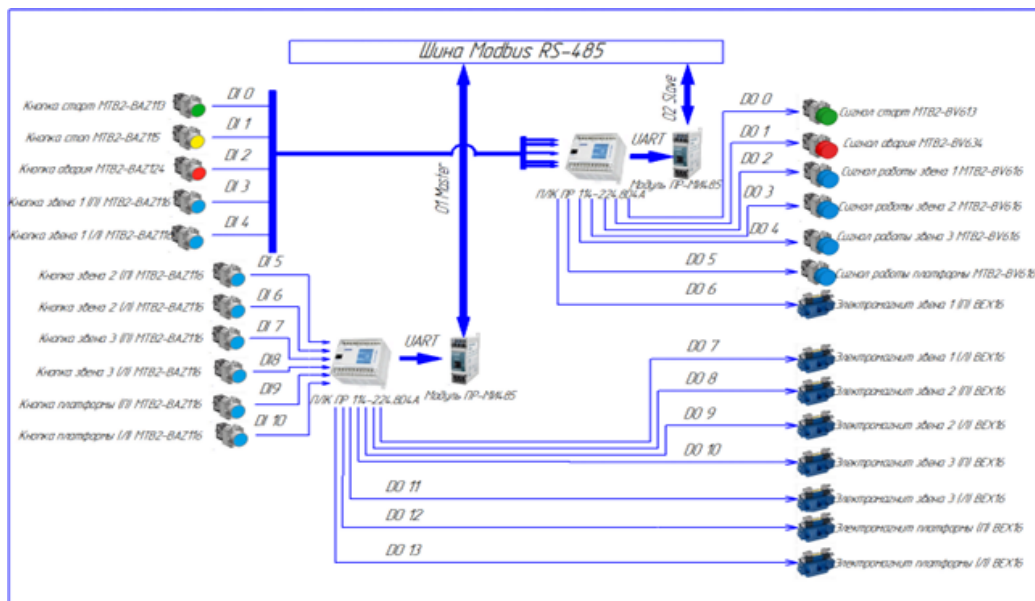


Рис. 2. Структурная схема системы автоматического управления крана-манипулятора

Алгоритм функционирования системы управления хранится в виде программы в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ) контроллера. При включении контроллера (подаче на него питания) программа автоматически переписывается в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) контроллера и запускается. Таким образом, система управления начинает функционировать через 2–3 секунды после подачи на нее питания. Контроллер выполняет программу циклически, т.е. дойдя до конца программы контроллер организует переход к началу программы и так далее.

Система управления имеет достаточное количество аналоговых и логических входов и выходов, и задача управления с точки зрения системы управления сводится к анализу входных сигналов и выдачи по результатам анализа выходных сигналов–воздействий на элементы системы. Блок-схема общего алгоритма функционирования системы управления представлена на рисунке 3.

Алгоритм программной реализации САУ начинается с инициализации данных. После инициализации система проверяется на наличие аварий, если аварий нет, то производится старт системы, в противном случае авария. Затем следует выбор остановить систему или нет, если нет, то предлагается выбор задействования кнопки звена 1 (П), если да, то происходит движение звена вправо, в противном случае предлагается задействовать кнопку звена 1 (Л), если да, то выполняется движение звена влево, если нет, то далее запрос переходит на блок задействования кнопки звена 2 (П). Аналогичные действия происходят с кнопкой звена 2 (П)/(Л), кнопкой звена 3 (П)/(Л) и платформы (П)/(Л). После прохождения всех этапов системы алгоритм завершается.

Для программируемого реле типа ПР 114-224.8D4A используется среда программирования OWEN Logic. Программное обеспечение OWEN Logic – среда программирования, предназначенная для создания алгоритмов работы приборов, относящихся к классу «программируемых реле». Эти приборы применяются для построения автоматизированных систем управления, а также для замены релейных систем защиты и контроля. При использовании ПР требуется меньше переключающих устройств для решения ряда задач малой автоматизации, что снижает затраты на проектирование и изготовление систем, а также повышает их надежность.

Фрагмент программной реализации микроконтроллерной системы в окне «OWEN Logic» представлен на рисунке 4.

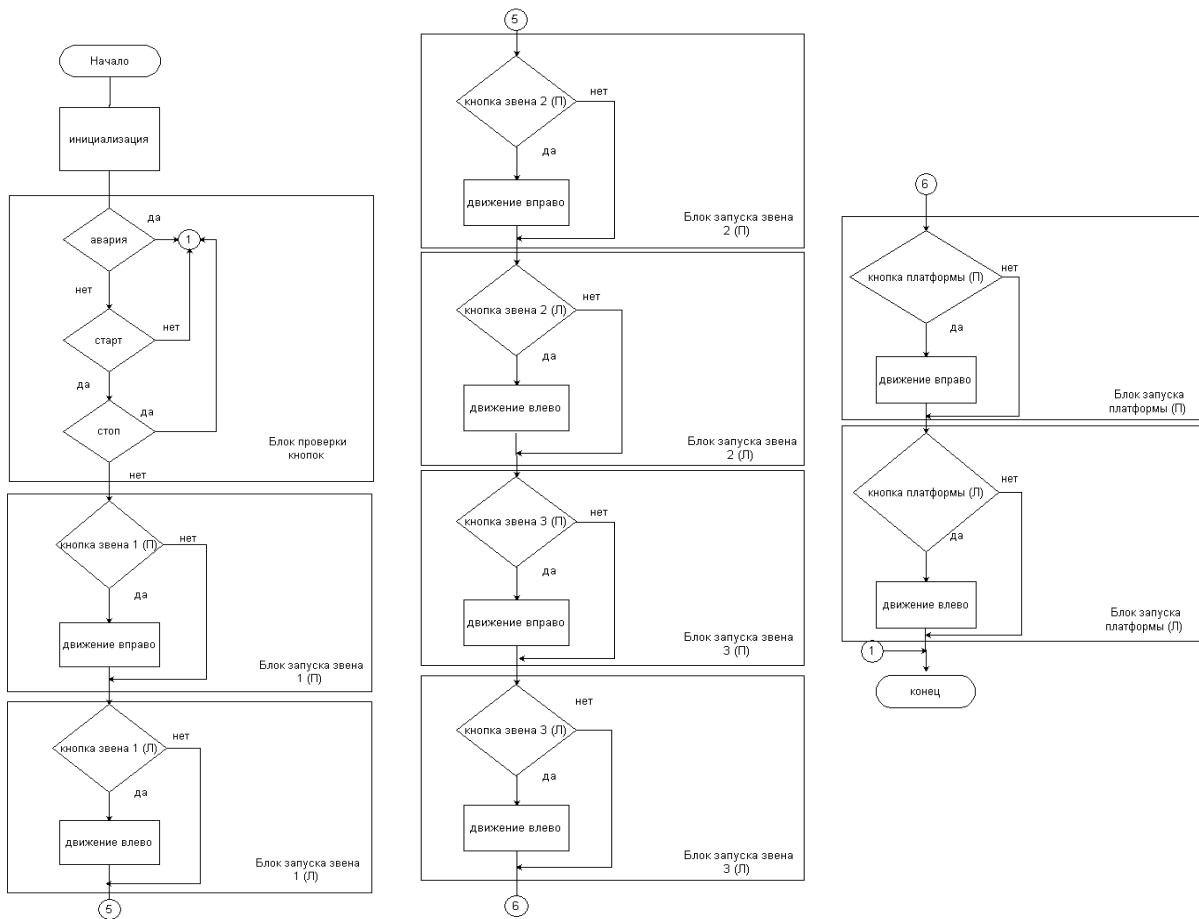


Рис. 3. Алгоритм работы микроконтроллерной системы

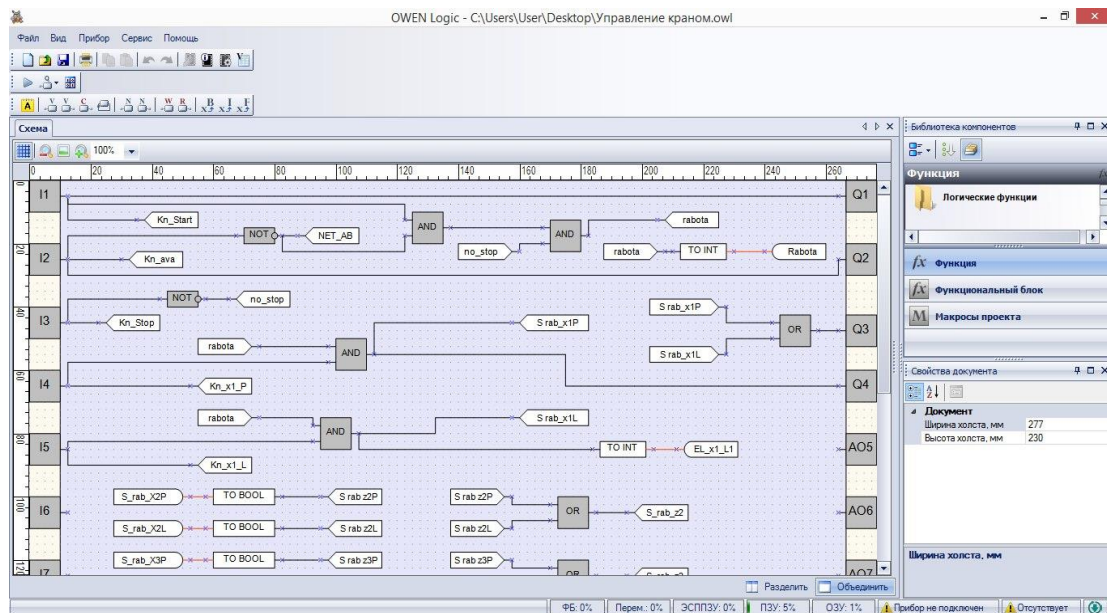


Рис. 4. Фрагмент кода программной реализации в окне «OWEN Logic»

При срабатывании I1(старт) загорается сигнал работы Q1. При срабатывании I2 (авария) загорается сигнал авария Q2 и перестает выполняться условие работы. При срабатывании I3 (стоп) система так же перестает работать и перестаёт выполняться условие работы. При срабатывании I4 (звено 1(П)) срабатывает сигнал Q4, сообщающий о работе звена 1 и

происходит движение звена вправо. При срабатывании I5 (звено 1(Л)) так же срабатывает сигнал Q4, сообщающий о работе звена 1 и происходит движение звена 1 влево.

При срабатывании I1 (звено 2(П)) загорается сигнал Q1, сообщающий о работе звена 2 и происходит движение звена вправо. При срабатывании или I2 (звено 2(Л)) загорается сигнал Q2, сообщающий о работе звена 2 и происходит движение звена 2 влево. При срабатывании I3 (звено 3(П)) загорается сигнал Q3 сообщающий о работе звена 3 и происходит движение звена 3 вправо. При срабатывании I4 (звено 3 (Л)) загорается сигнал Q4, сообщающий о работе звена 3 и происходит движение звена 3 влево. При срабатывании I5 (платформа (П)) загорается сигнал Q5, сообщающий о работе платформы и происходит движение платформы вправо. При срабатывании I6 (платформа (Л)) загорается сигнал Q6, сообщающий о работе платформы и происходит движение платформы влево.

На основе интеллектуального реле ПР114 отечественной фирмы «ОВЕН» разработано микроконтроллерное управление распределителями системы, что значительно упрощает работы оператора В результате проектирования микроконтроллерной системы управления крана-манипулятора были получены структурная и функциональная схемы, алгоритм работы системы управления и программная реализация на базе ПО Owen Logic [4].

Практическая значимость работы заключается в применении полученных результатов при разработке адаптивных МПС манипуляторов с идентификацией, рассмотренных в работах [5–9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Невзоров, Л. А. Краны башенные и автомобильные / Л.А. Невзоров, М.Д. Полосин. - М.: Академия, 2011. - 416 с.
2. Лобов, Н.А. Динамика передвижения кранов по рельсовому пути / Н.А. Лобов. - М.: Московский Государственный Технический Университет (МГТУ) имени Н.Э. Баумана, 2003. - 927 с
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. – EDN NVIAEE.
4. Контрольно-измерительные приборы ОВЕН: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, блоки питания и терморегулятор [Электронный ресурс]. URL: <https://owen.ru> (Дата обращения 14.01.2023)
5. Ivanov, D.V., Katsyuba O.A. Recurrent identification of autoregression in the presence of observation noises in output signal // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009; Proceedings : International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009, 27–28 марта 2009 года / sponsors: Russian Found. Basic Res. RBFR proj. 09-07-06004, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Radar R and D. – Tomsk, 2009. – P. 79-82. – DOI 10.1109/SIBCON.2009.5044833. – EDN MXBYZJ.
6. Терехин М.А., Иванов Д.В. Разработка системы автоматического управления тянущего устройства // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 99-100. – EDN DJKIED.
7. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики Северная Осетия-Алания, Министерство РСО-алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL
8. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.
9. Авсиевич, А. В. Рекуррентное оценивание параметров нелинейных динамических объектов класса ГамМерштейна с помехой на выходе / А. В. Авсиевич, Д. В. Иванов // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 5(60). – С. 43-50. – EDN MUKZEN

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РОБОТА МАНИПУЛЯТОРА

Припутников А.П., Брагина И.Н., Сургучёв И.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: в статье проведено имитационное моделирование механической части робота манипулятора в пакете прикладных программ Matlab библиотеки Simscape Multibody. Результатом работы является полученная имитационная модель и графики переходных процессов перемещений по координатам XYZ.

Ключевые слова: имитационная модель, робот манипулятор, Matlab, Simulink, переходные процессы, Simscape Multibody.

SIMULATION MODEL OF THE MECHANICAL PART OF THE ROBOT MANIPULATOR

Priputnikov A.P., Bragina I.N., Surguchev I.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: the article presents a simulation simulation of the mechanical part of the robot manipulator in the Matlab application software package Simscape Multibody library. The result of the work is the obtained simulation model and graphs of transients of movements along the XYZ coordinates.

Keywords: simulation model, Robot manipulator, Matlab, Simulink, Transients, Simscape Multibody.

Робототехника является перспективным направлением развития современного производства. Одним из примеров робототехнических устройств является робот манипулятор, который позволяет транспортировать грузы. Роботы-манипуляторы имеют разные габаритные размеры, тип и количество схватов, а также вид приводных механизмов и т.д., все эти параметры необходимо определить на начальных этапах проектирования. Решить данную задачу помогает имитационное моделирование, которое является неотъемлемой частью современного проектирования, с его помощью можно не только провести анализ исследуемого объекта, но и обнаружить просчёты предыдущих этапов проектирования. Подробнее об имитационном моделировании можно ознакомиться в работах [1–6]. Исходя из вышеизложенного разработка имитационной модели механической части робота манипулятора является актуальной задачей.

Имитационная модель механической части робота манипулятора построена при помощи Matlab библиотеки Simscape Multibody (ранее SimMechanics), которая представляет собой платформу для моделирования трёхмерных механических систем и отлично подходит для разработки мехатронных устройств. Также есть возможность импорта готовых сборок в проект из систем автоматизированного проектирования, например, Solid Works, Kompas, AutoCAD, а благодаря автоматической генерации трёхмерная анимации появляется возможность визуализации кинематики и динамики разрабатываемой робототехнической системы. Библиотека Multibody также позволяет разрабатывать системы автоматического управления, проводить тесты на производительность. При помощи прикладного комплекса Matlab можно указывать параметры модели при помощи переменных и уравнений. Данный комплекс поддерживает как электрические, так и гидравлические и пневматические системы. После разработки системы есть возможность скомпилировать код на языке Си [1].

Имитационная модель механической части робота манипулятора приведена на рисунке 1 и состоит из 24 блоков. В имитационную модель входят различные блоки описывающие механическую структуру робота манипулятора, физических тел, тел вращения, координатной привязки и другие, полный перечень блоков входящие в модель представлены в таблице 1.

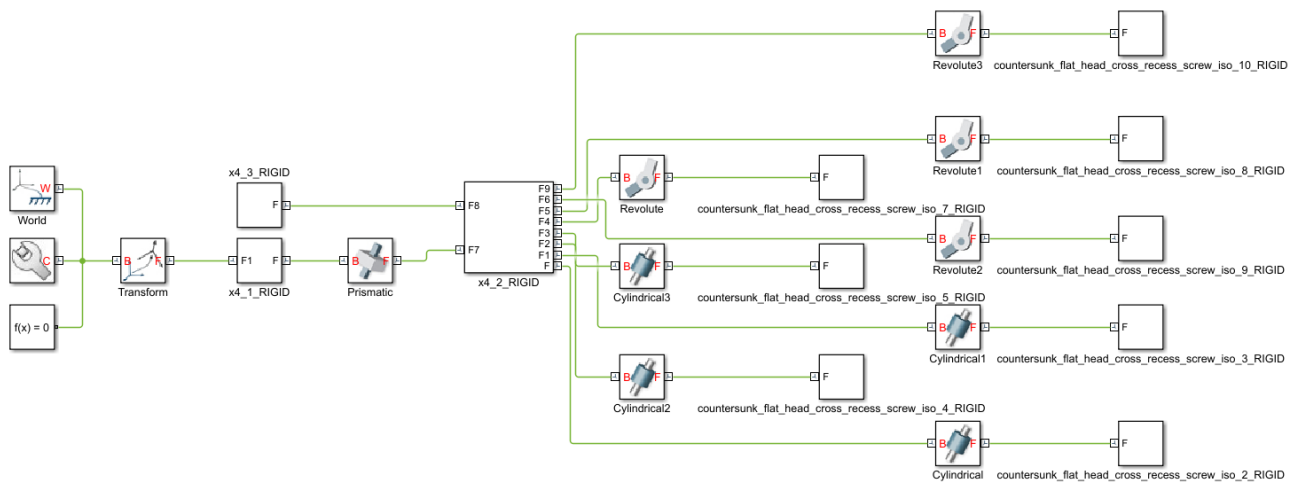


Рис. 1. Имитационная механической части робота манипулятора

Таблица 1

Описание блоков имитационной механической части робота

№пп	Название блока	Изображение блока модели
1	Revolute Joint (Соединение с одним вращательным примитивом)	
2	Cylindrical Joint (Соединение с одним призматическим и одним вращательным примитивами, обладающих параллельными осями движения)	
3	Prismatic Joint (Соединение с одним призматическим примитивом)	
4	Rigid Transform (Фиксированные пространственные отношения между системами координат)	
5	World Frame (Инерционная система координат)	
6	Mechanism Configuration (Симуляция всего механизма и механические параметры)	
7	Solver Configuration (Среда физической сети и настройка решателя)	
8	Rigid Transform (Фиксированные пространственные отношения между системами координат)	
9	Reference Frame (Неинерциальная система отсчета)	
10	File Solid (Сплошной элемент со свойствами, производными от внешнего файла)	
11	Output (Выпуск)	
12	Input (Запрос пользовательского ввода)	
13	Create Subsystems (Создание подсистем)	
14	Create Subsystems (Создание подсистем)	

В результате имитационного моделирования механической части робота-манипулятора были получены графики переходных процессов перемещений по координатам XYZ изображены на рисунке 2. Время моделирования составило 0,25 секунд.

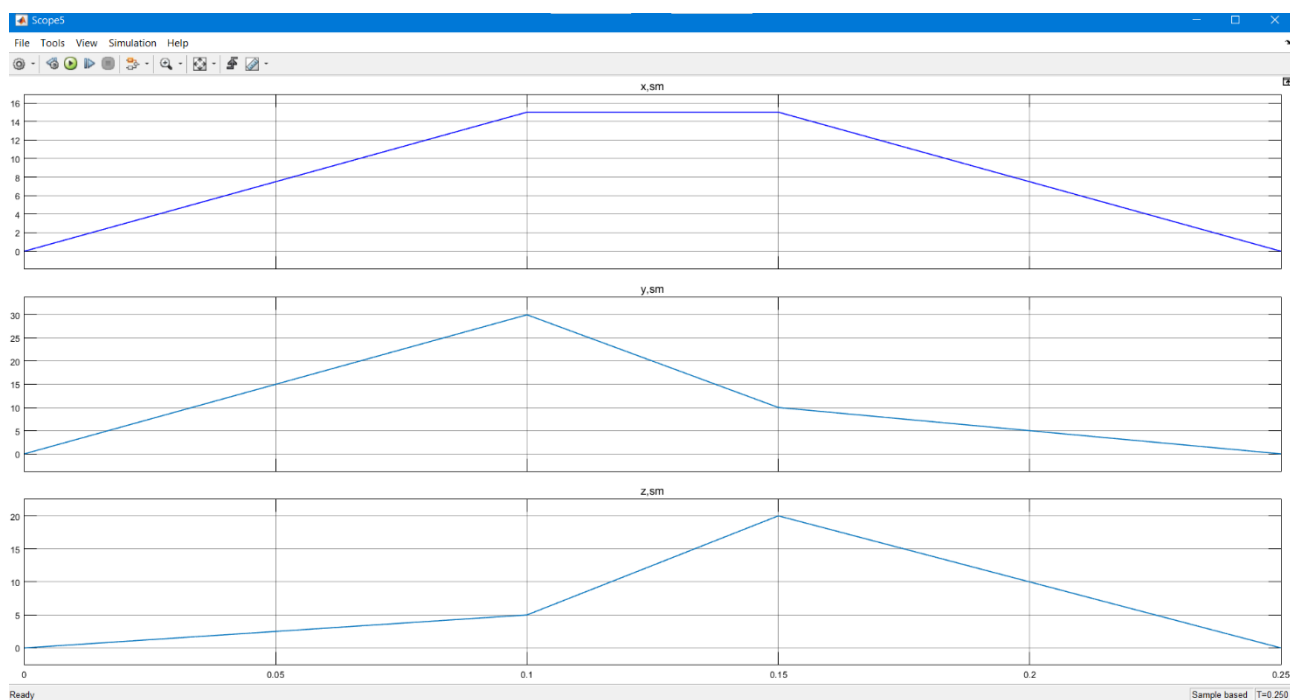


Рис. 2. Графики переходных процессов перемещений по координатам XYZ

Рассмотрим подробнее работу имитационной модели мехатронной системы. На интервале времени от 0 до 0,1 секунды одновременно по осям XYZ происходит равноускоренное перемещение, по оси X от нулевой координаты до 15 сантиметров, а по оси Y до 30 сантиметров, в то время как перемещение по оси Z составляет 5 сантиметров.

Далее на временном интервале от 0,1 до 0,15 секунд по оси X происходит остановка электродвигателя, по оси Y происходит перемещение с координаты 30 сантиметров в сторону нулевой координаты на отметку 10 сантиметров, а перемещение по оси Z достигает значения в 20 сантиметров.

Затем на интервале времени от 0,15 до 0,25 секунд происходит возвращение по всем осям XYZ в начальную координату.

В результате работы была получена имитационная модель механической части робота манипулятора на базе Matlab библиотеки Simscape Multibody, а также получены графики переходных процессов перемещений по координатам XYZ.

Дальнейшим развитием тематики является внедрение в имитационную модель алгоритмов идентификации, описанных в работах [7, 8]. Достигнутые результаты могут быть использованы при имитационном моделировании мехатронных систем [9, 10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов И.И., Колубин С.А., Имитационное моделирование мехатронных систем – СПб: Университет ИТМО, 2020 – 103 с.
2. 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. – EDN NVIAEE.
3. Терехин М.А. Имитационная модель пневматической системы управления цилиндром двухстороннего действия при помощи бистабильного распределителя 5/2 и логических элементов "и", "или" // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – С. 158-162. – EDN XULNOS.
4. 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. – EDN CEPKKV.
5. Терехин М.А. Моделирование однофазного управляемого выпрямителя с нулевым выводом и подключаемым нулевым диодом на базе пакета MATLAB // Дни студенческой науки: Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 06–16 апреля 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 188-189. – EDN CKZDVA.

6. Терехин М. А., Сандлер И.Л. Имитационная модель гидравлической системы управления крана манипулятора на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 135-140. – EDN AVQHVO.

7. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.

8. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики Северная Осетия-Алания, Министерство РСО-алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL.

9. Терехин М. А. Имитационная модель электрогидравлической системы управления лебедки на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 144-150. – EDN QJREEV.

10. Сургучев И. В., Терехин М.А., Читоркин Е.Е. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода механизма поворота автомобильного крана // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 150-155. – EDN LILBKE.

УДК 004.94; 621.865.8

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ РОБОТА МАНИПУЛЯТОРА

Сургучёв И.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье разработана объёмная модель робота манипулятора посредством САПР SolidWorks. В результате трёхмерного моделирования получили 3D модели звена и сборочных единиц системы, а также графики переходных процессов вращающего момента двигателя и углового перемещения. Работа представляет интерес для компаний, занимающихся 3D-моделированием мехатронных и робототехнических систем, а также студентам, обучающимся по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и смежных специальностей, изучающих машиностроительное черчение и трёхмерное моделирование.

Ключевые слова: робот манипулятор, проектирование, 3D-моделирование, переходный процесс, электродвигатель, SolidWorks, Solidworks Motion, трёхмерная модель.

THREE-DIMENSIONAL MODEL OF A ROBOT MANIPULATOR

Surguchev I.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: the article develops a three-dimensional model of a robot manipulator using CAD SolidWorks. As a result of three-dimensional modeling, 3D models of the link and assembly units of the system were obtained, as well as graphs of transients of the engine torque and angular displacement. The work is of interest to companies engaged in 3D modeling of mechatronic and robotic systems, as well as to students studying in the field of training 15.03.06 "Mechatronics and robotics" 15.03.04 "Automation of technological processes and productions" and related specialties studying mechanical engineering drawing and three-dimensional modeling.

Keywords: robot manipulator, design, 3D modeling, transient, electric motor, SolidWorks, Solidworks Motion, three-dimensional model.

Манипуляторы и робототехнические комплексы на сегодняшний день являются неотъемлемой частью любого производства, которое стремится к полной или частичной

автоматизации технологических процессов, например, в сфере автомобилестроения роботы-манипуляторы производят монтаж внутренностей салона и даже устанавливают двигатели [1, 2].

Поскольку роботы-манипуляторы являются сложно техническими устройствами, они требуют определенного уровня подготовки специалистов. Учебные робототехнические комплексы предназначены для подготовки специалистов высокого класса, они позволяют проводить не только учебные занятия, но и различного рода эксперименты перед введением РТК комплекса в эксплуатацию.

Одним из таких робототехнических комплексов является учебный интеллектуальный роботизированный центр УИРЦ-1 фирмы «ТЕМПУС». Робот манипулятор УМР-2 входит в состав данного комплекса и обладает рядом недостатков. Главным недостатком робота является то, что температура корпуса двигателя может достигать 85°C , поэтому в процессе работы пользователь должен контролировать температуру, а при нагреве сверх указанной температуры, по паспорту робототехнического комплекса, обязан отключить питание не менее чем на 15 минут.

Исходя из вышеизложенного можно считать, что существующая система устарела и требует модернизации, поэтому разработка 3D-модели робота манипулятора на базе шагового электродвигателя, решающего вышеописанные недостатки существующей модели лабораторного робота, является актуальной задачей.

В данной работе, посредством САПР SolidWorks [3], была разработана объемная модель робота манипулятора на базе шагового электродвигателя, изображенная на рисунке 1.

Для визуального восприятия робота манипулятора, создана поверхность стола (условная), для ориентирования в пространстве.

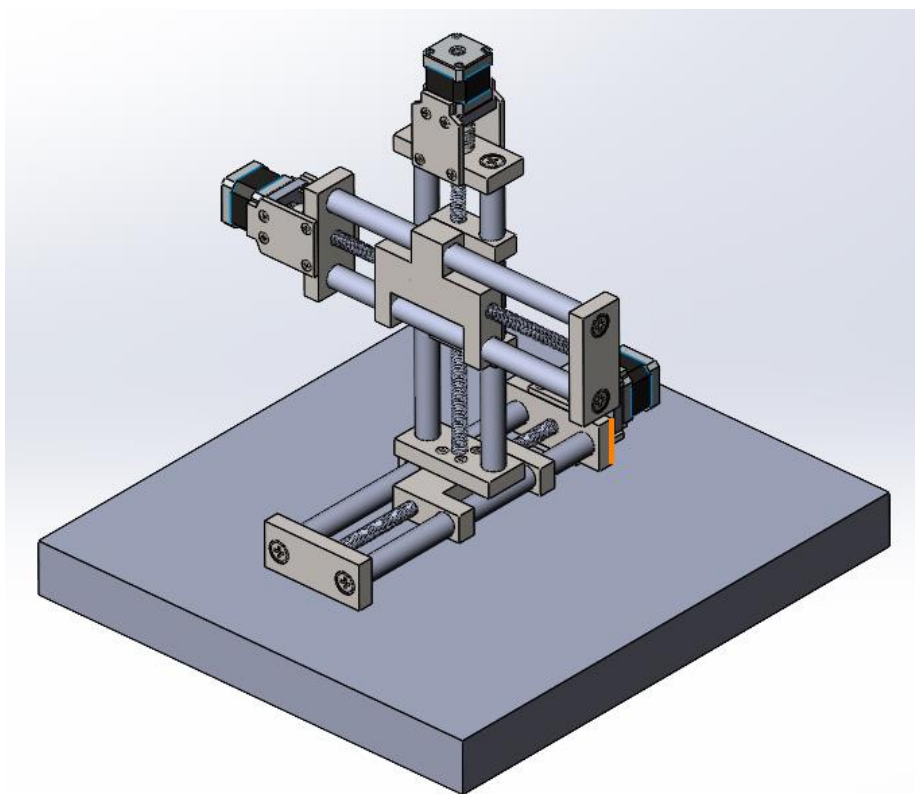


Рис. 1. 3D модель робота манипулятора

Робот манипулятор конструктивно состоит из 3 отдельных звеньев, образующих единый механизм. Каждое звено, представляет собой сборочную единицу, изображенную на рисунке 2А. Одно звено состоит из упорных стенок, изображенных на рисунках 2Б, 2Г, винта, на рисунке 2К, направляющих осей (2 шт.), на рисунке 2З, каретки, осуществляющая движение,

на рисунке 2И, муфты, соединяющая вал двигателя и винт, на рисунке 2Д, крепления двигателя, на рисунке 2В, двигателя, на рисунке 2Е и скрепляющих винтов, на рисунке 2Ж.

Для расчета мощности приводного электродвигателя и усилий на вращающемся валу, в соответствии с 3D моделью звена робота (рисунок 2А), используя инструмент анализа модели Solidworks Motion, позволяющий исследовать движения.

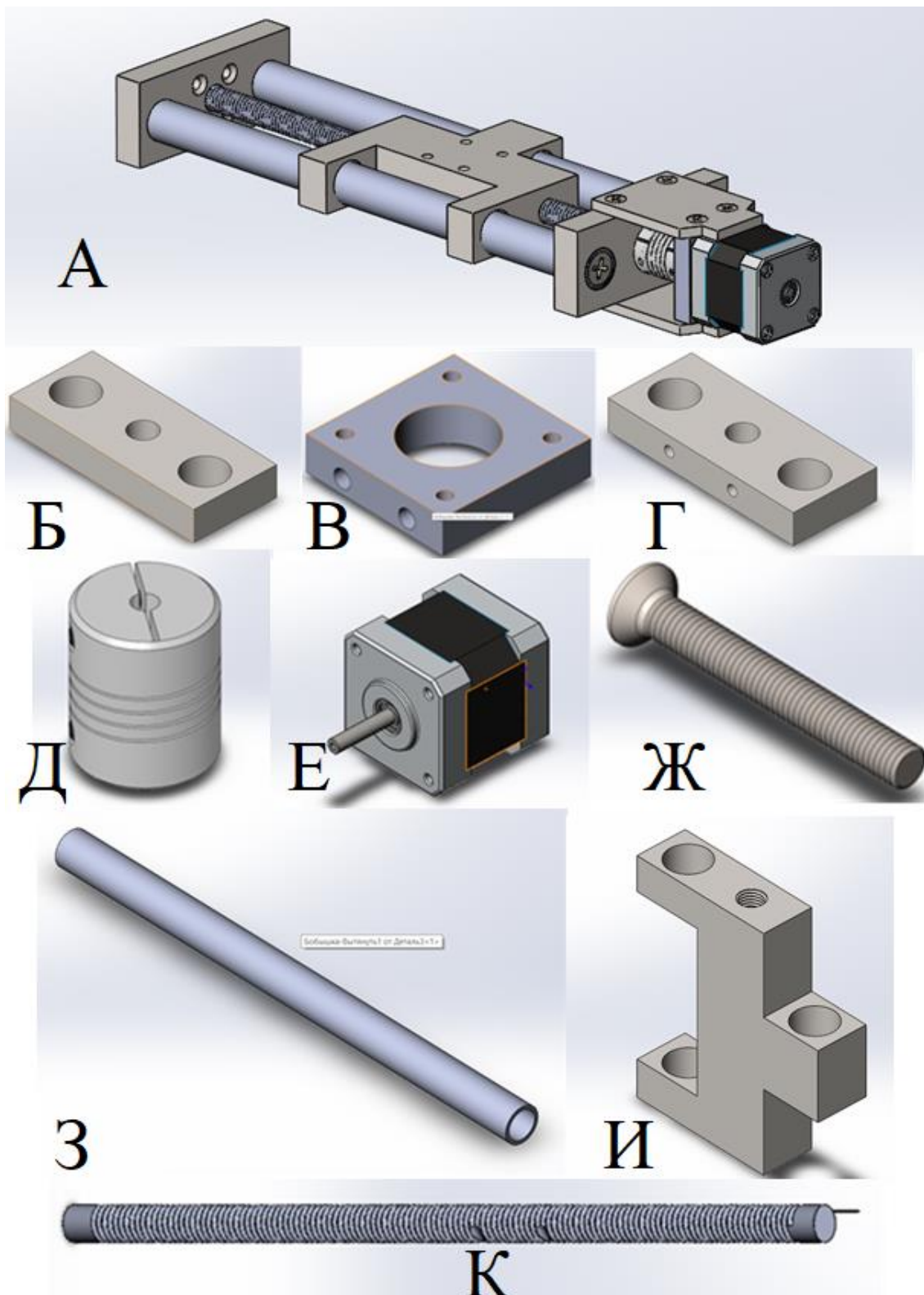


Рис. 2. 3D модели сборочных единиц робота манипулятора: А – Звено робота манипулятора; Б – Упорная стенка; В – Крепление двигателя; Г – Упорная стенка; Д – Муфта; Е – Двигатель; Ж – Винт с головкой с крестообразным шлицем 35x5 мм; З – Направляющая; И – Каретка; К – Винт

На рисунках 3 и 4 представлены графики переходных процессов вращающего момента двигателя и углового перемещения с окна Solidworks Motion. На графиках переходных процессов моделировалась максимальная нагрузка на звено № 1, так как оно является максимально нагруженным. Полученный вращающий момент двигателя, определен в границах не более 3 кг/см, поэтому двигатель Nema 17, обеспечивающий крутящий момент не более 3,2 кг/см, справляется с поставленной задачей движения робота манипулятора. На графике граница двигателя выделена красным цветом. Так же для моделирования задавалось угловое перемещение винта (пилообразно) не более 168 градусов в одну и в другую стороны, на протяжении 5 секунд.

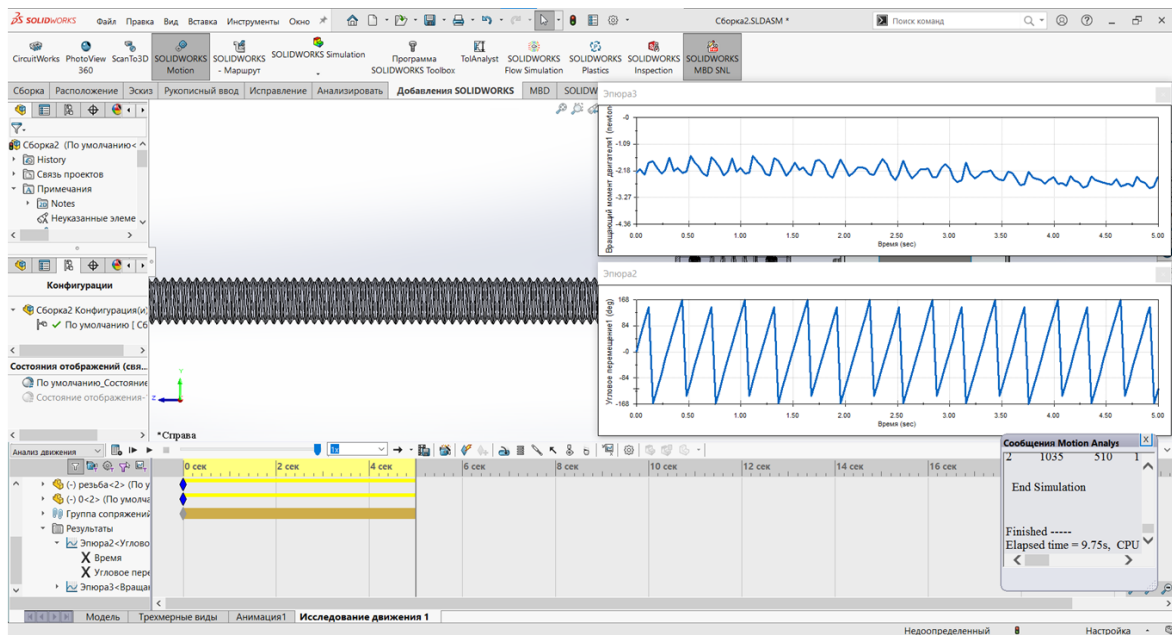


Рис. 3. Графики переходных процессов вращающего момента двигателя и углового перемещения с окна Solidworks Motion

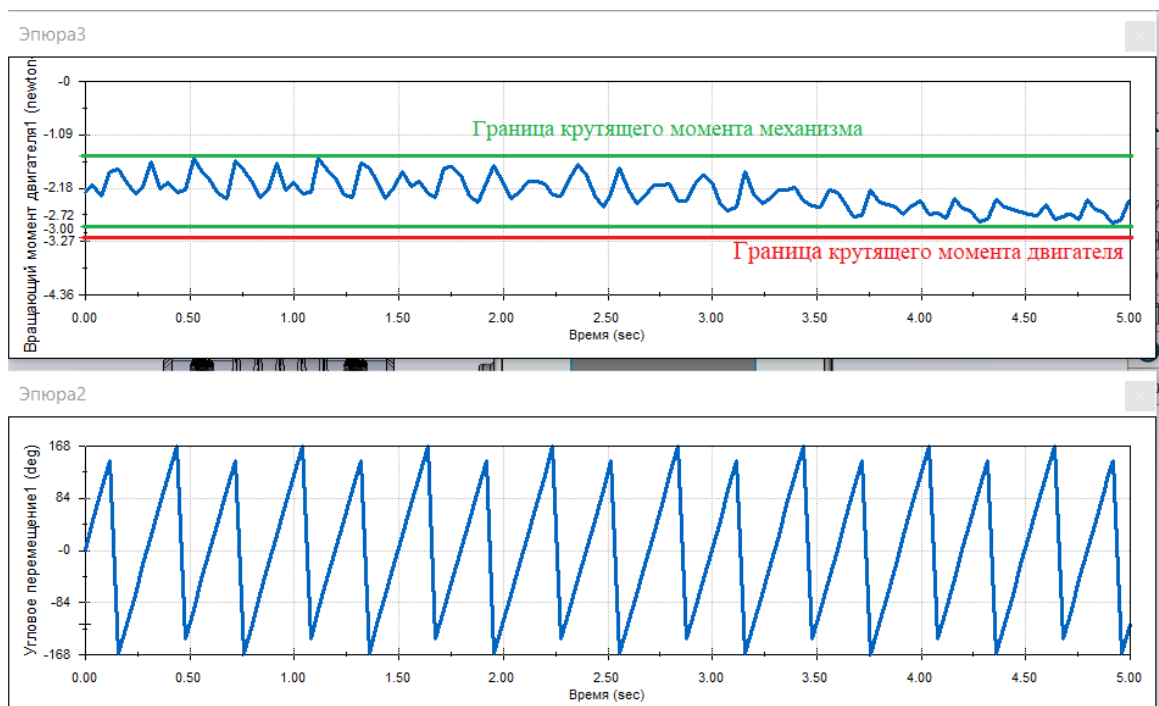


Рис. 4. Графики переходных процессов вращающего момента двигателя и углового перемещения

Моделирование механической части, проведенное посредством SolidWorks, показало, не только 3D-модель робота-манипулятора, но и позволило определить нагрузочные характеристики на валы, тем самым подобрать мощность и марку приводного двигателя.

Дальнейшим развитием тематики является разработка САУ для регулирования оптимальной скорости вращения шагового электродвигателя с идентификацией [4–10], а также разработка действующего макета робота-манипулятора. Результаты настоящей работы могут быть применены при разработке конструкций трёхкоординатных робототехнических систем, в том числе роботов-манипуляторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козырев, Ю. Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов / Ю.Г. Козырев. - Москва: СИНТЕГ, 2011. - 320 с.
2. 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. – EDN NVIAEE.
3. Алямовский, Андрей SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи (+ DVD-ROM) / Андрей Алямовский. - М.: БХВ-Петербург, 2012. - 448 с.
4. Ivanov, D.V., Katsyuba O.A. Recurrent identification of autoregression in the presence of observation noises in output signal // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009; Proceedings: International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2009, 27–28 марта 2009 года / sponsors: Russian Found. Basic Res. RBFR proj. 09-07-06004, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Radar R and D. – Tomsk, 2009. – P. 79-82. – DOI 10.1109/SIBCON.2009.5044833. – EDN MXBYZJ.
5. Иванов Д.В., Ширинов И.Р. Идентификация линейных динамических многомерных по входу систем дробного порядка с помехами во входных и выходных сигналах // МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ актуальных проблем науки: Материалы V международной научно-практической конференции / совет молодых ученых и специалистов при главе республики Северная Осетия-Алания, Министерство РСО-алания по делам молодежи, физической культуры и спорта. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 353-356. – EDN TVUYYL.
6. Терехин М.А., Иванов Д.В. Разработка системы автоматического управления тянущего устройства // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 99-100. – EDN DJKIED.
7. Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 2(27). – С. 30-38. – EDN SFTLBF.
8. Авсиевич, А. В. Сопряженное представление параметрической идентификации и стабилизации электрического напряжения / А. В. Авсиевич, Б. К. Григоровский // Электротехника. – 2017. – № 3. – С. 55-58. – EDN XWVTYZ.
9. Иванов Д.В., Сандлер И.Л., Митрошин Д.И., Кормаков А.А., Антонова В.В. Тестирование алгоритма идентификации многомерных по входу динамических систем, описываемых уравнениями с разностями дробного порядка, с помехой в выходном сигнале // 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. 85-88. – EDN EVTTER.
10. Авсиевич, А. В. САУ на основе моделей в форме дифференциальных уравнений дробного порядка / А. В. Авсиевич ; Самарский государственный университет путей сообщения. – Самара : Самарский государственный университет путей сообщения, 2011. – 80 с. – ISBN 978-5-98941-162-7. – EDN QJZBMV.

УДК 62-522.7

ГАЗОДИЗЕЛЬНЫЙ ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

Талызин В.С., Нестеренко И.С., Нестеренко Г.А.

Омск, Омский государственный технический университет

Аннотация. В данной работе рассматриваются актуальные вопросы перевода транспорта на гибридный вид потребления топлива. Преимущества газодизельного топлива, необходимые дополнительные элементы управления топливной системы.

Ключевые слова: гибридный вид топлива, газодизель, газ, дизельное топливо, элементы управления топливной системы.

GAS-DIESEL GAS TEMPERATURE AND PRESSURE SENSOR

Talyzin V.S., Nesterenko I.S., Nesterenko G.A.

Omsk, Omsk State Technical University

Abstract. In this paper, the current issues of the transfer of transport to a hybrid type of fuel consumption are considered. Advantages of gas-diesel fuel, the necessary additional elements of the fuel system control.

Keywords: hybrid fuel, gas diesel, gas, diesel fuel, fuel system controls.

Газодизель – силовая установка, работающая в смешанной системе питания, а именно на газовом и дизельном топливе [1]. Цель данного проекта – экономия материальных средств на, потребляемое транспортное средство (ТС), топливо. Чаще всего в качестве газового топлива используют:

- Компримированный природный газ (КПГ), состоящий на 85% из метана, остальные 15% – различные присадки, для улучшения качества смеси.
- Сжиженный природный газ (СПГ). Газ, в результате сжижения превращающийся в жидкое топливо. Применяют модернизированные технологии переработки нефти или "влажного" природного газа. СПГ на 85 % получают из ископаемых источников топлива, при переработке нефти (сырой нефти) или извлекают из потоков нефти или природного газа по мере их выхода из земли [2].

КПГ более транспортабельный, поэтому в данной работе мы будем его рассматривать в качестве газовой составляющей смешанного типа топлива для любого вида транспортного средства.

Данная система питания двигателя внутреннего сгорания (ДВС), отличается от стандартного вида, дополнительной установкой некоторых элементов: заправочное устройство (ЗУ) (1), газовые баллоны высокого давления (ГБВД) (2), газовый фильтр высокого давления (ГФВД) (3), газовый редуктор (4), датчик температуры и давления газа (ДТиДГ) (5).

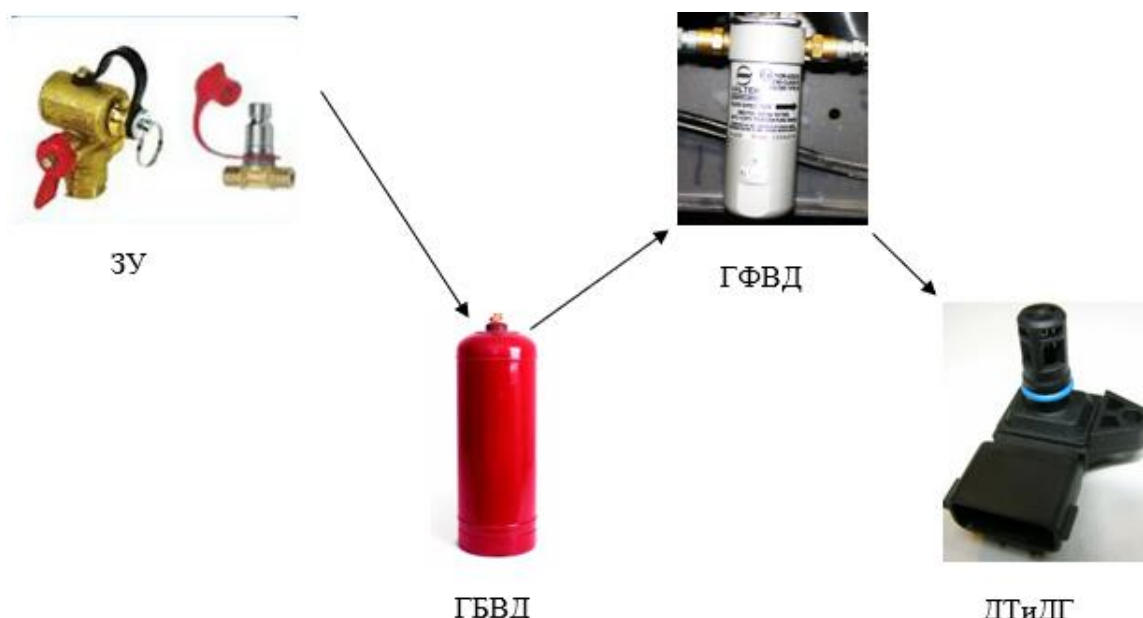


Рис. 1. Схема питания смешанным топливом газодизельной установки

Датчик температуры и давления газа является управляющим элементом этой системы, как наиболее важный элемент он устанавливается перед форсунками и после газового фильтра. Так как, после того как фильтр засорится, датчик, стоящий перед ним, будет показывать неправильное давление. Неверные показания станут причиной обедненной смеси

и нестабильной работы двигателя на газу. Обедненная смесь также может привести к хлопкам в коллекторе. Во избежание данной проблемы выбрано именно это место крепления датчика. Принцип работы датчика давления построен на физических свойствах газа. Чем больше плотность КПП, тем меньше его температура. В зависимости от температуры газа и его давления, а также переданных на электронный блок управления (ЭБУ) показаний, который располагается в кабине ТС. ЭБУ производит корректировку работы форсунок, благодаря датчику температуры и давления газа. В случае некорректной работы блоке управления кодируются критические показания температуры КПП, при достижении которых ТС будет вынуждено перевестись на дизельное топливо и продолжить дальнейшую работу.

Таким образом, в связи с увеличением востребованности классического топлива для заправки ТС, газомоторное топливо является хорошим вариантом для экономического сокращения материальных средств на топливо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларионов Л.Б., Болоев П.А., Ильин П.И., Кабанов А.Н., Сиряева И.В., Паламонов Е.О. Целесообразность использования альтернативного топлива. Транспортные средства и энергетические установки. Известия МГТУ «МАМИ» № 3(25), 2015, т. 1, 77 С.
2. Нестеренко И.С. Об экономической эффективности перевода автомобилей на газовое топливо / И.С. Нестеренко, Г.А. Нестеренко, В.С. Талызин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – №12 (126). – URL: <https://research-journal.org/archive/12-126-2022-december/10.23670/IRJ.2022.126.43> (дата обращения: 16.01.2023). – DOI: 10.23670/IRJ.2022.126.43.
3. Принцип работы датчика давления // Датчик давления, разрежения и температуры газа или ман сенсор. – 2023. – URL: <https://gbo4auto.ru/raznoe/datchik-davleniya.html> (дата обращения: 16.01.2023).

УДК 681.521.35; 303.094.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ КОНВЕЙЕРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КОРОБОК НА МАКЕТЕ СОРТИРОВОЧНОЙ ЛИНИИ

Терехин М.А., Рудаков А.А., Зарипов Р.А., Иванов Д.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: в данной работе представлено моделирование пневматической принципиальной схемы конвейерной установки, для перемещения коробок на макете сортировочной линии. Имитационная модель разработана посредством программы Fluidsim библиотеки Pneumatic. В результате моделирования получены графики переходных процессов работы системы.

Ключевые слова: пневматическая схема, конвейерная линия, сортировка, имитационная модель, переходные процессы, fluidsim.

SIMULATION OF A PNEUMATIC SCHEMATIC DIAGRAM OF A CONVEYOR SYSTEM FOR MOVING BOXES ON A LAYOUT OF A SORTING LINE

Terekhin M.A., Rudakov A.A., Zaripov R.A., Ivanov D.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: this paper presents a simulation of a pneumatic schematic diagram of a conveyor system for moving boxes on a layout of a sorting line. The simulation model was developed using the Fluidsim program of the Pneumatic library. As a result of modeling, graphs of transient processes of the system are obtained.

Keywords: pneumatic circuit, conveyor line, sorting, simulation model, transients, fluidsim.

На сегодняшний день ни одно из складских хозяйств, например, почтовые системы, сортировка багажа в аэропорте и др., не обходится без средств автоматизации, поскольку оптимальным решением задачи по перемещению грузов является применение конвейерных

линий. Использование конвейерных систем на предприятии даёт возможность: снизить время транспортировки товара; сократить трудозатраты; уменьшить число просчётов при перемещении грузов; автоматизировать рабочий процесс до состояния поточной обработки. Современные подходы автоматизации позволяют отказаться от использования габаритных шкафов управления, в пользу малогабаритных систем, которые приводят к повышению эффективности технической составляющей предприятия, как следствие происходит увеличение валовой прибыли компании, поэтому модернизация существующих систем управления является актуальной задачей.

В работе представлено имитационное моделирование пневматической принципиальной схемы конвейерной установки для перемещения коробок на макете сортировочной линии, посредством программы Fluidsim библиотеки Pneumatic [1–5].

Рассмотрим технологическую схему макета конвейерной установки для перемещения коробок на сортировочной линии, которая изображена на рисунке 1. Данная конвейерная линия представляет собой циклическую пневматическую систему, рабочий цикл которой состоит из четырех этапов. Конвейерная линия сортирует коробки по их форме. Коробки имеющие форму куба, перемещаются на верхнюю часть конвейера, а овальные продолжают движение по нижней. Для перемещения коробок применяются пневматические цилиндры «А» и «Б». При обнаружении коробки в форме куба на транспортере, оператор линии нажимает на соответствующую кнопку, после чего происходит выдвижение штока пневмоцилиндра А, тем самым коробка толкается на верхнюю часть конвейера. После чего шток пневмоцилиндра Б перемещает коробку с транспортера на линию, шток пневматического цилиндра «А» втягивается, после чего происходит втягивание штока пневмоцилиндра «Б».

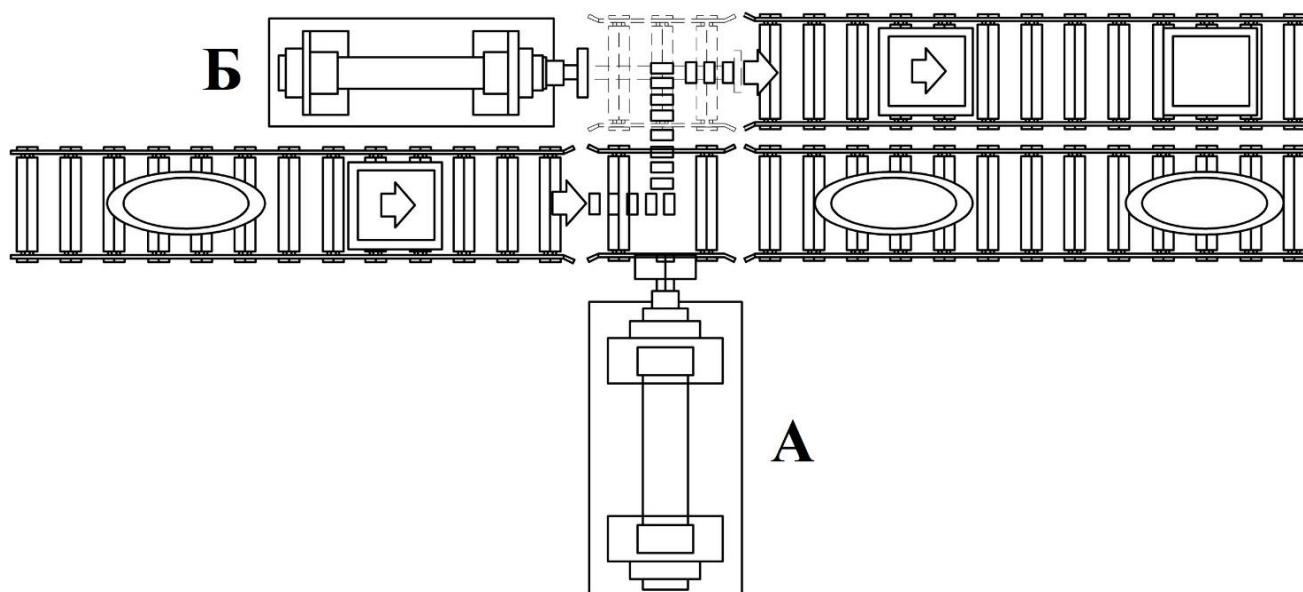


Рис. 1. Технологическая схема макета конвейерной установки для перемещения коробок на сортировочной линии

Имитационная модель пневматической принципиальной схемы конвейерной установки для перемещения коробок на макете сортировочной линии представлена на рисунке 2. Полный перечень элементов имитационной модели представлен в таблице 1.

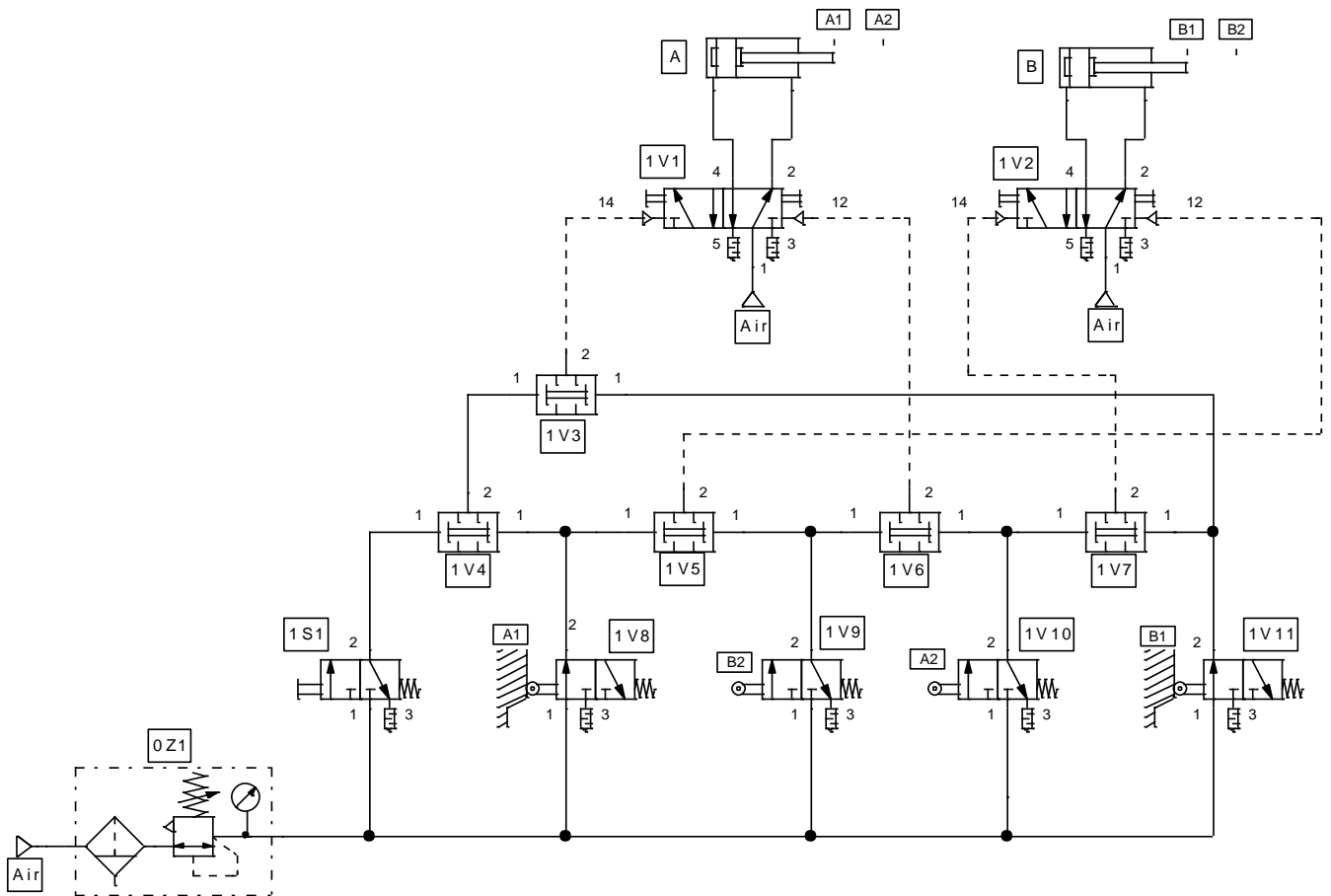
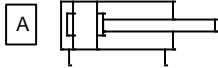
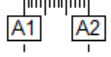
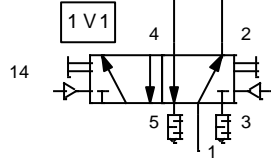

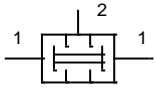
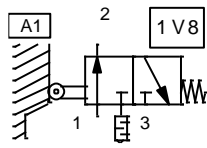
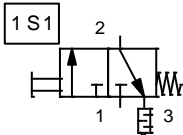
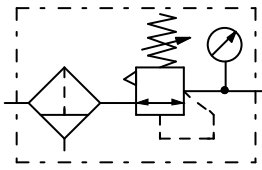


Рис. 2. Имитационная модель пневматической принципиальной схемы конвейерной установки для перемещения коробок на макете сортировочной линии

Таблица 1

Обозначение составляющих элементов имитационной модели

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	A1, B1		Пневматический цилиндр двухстороннего действия
2	A1, A2, B1, B2		Датчики концевые (позиция штока цилиндра)
3	1V1, 1V2		Пневматический бистабильный распределитель типа 5/2 с пневматическим управлением и ручным дублированием с установленными глушителями шума
4	Air		Источник воздуха

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
5	1V3, 1V4, 1V5, 1V6, 1V7		Пневматический логический элемент «И»
6	1V8, 1V9, 1V10, 1V11		моностабильный пневматический распределитель типа 3/2 с механическим управлением типа «Ролик» и с установленным глушителем шума
7	1S1		моностабильный пневматический распределитель типа 3/2 с ручным управлением типа «Кнопка» и с установленным глушителем шума
8	OZ1		блок подготовки воздуха

При имитационном моделировании постоянная нагрузка на штоки пневмоцилиндров составляла 100 Н. В ходе моделирования пневматической принципиальной схемы конвейерной установки были получены следующие графики переходных процессов, изображенные на рисунке 3: «А, Position mm» – перемещение штока цилиндра, мм; «А, Velocity m/s» – скорость перемещения штока цилиндра, м/с; «А, Acceleration m/sl» – ускорение штока цилиндра, м/с²; «А, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н; «В, Position mm» – перемещение штока цилиндра, мм; «В, Velocity m/s» – скорость перемещения штока цилиндра, м/с; «В, Acceleration m/sl» – ускорение штока цилиндра, м/с²; «В, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н; «1S1, Switching position» – состояние моностабильного пневматического распределителя типа 3/2 с ручным управлением типа «Кнопка», «0 – исходное состояние», «а – рабочее состояние»; «1V8, Switching position» – состояние моностабильного пневматического распределителя типа 3/2 с механическим управлением типа «Ролик»; «1V10, Switching position» – состояние моностабильного пневматического распределителя типа 3/2 с механическим управлением типа «Ролик»; «1V11, Switching position» – состояние моностабильного пневматического распределителя типа 3/2 с механическим управлением типа «Ролик»; «1V9, Switching position» – состояние моностабильного пневматического распределителя типа 3/2 с механическим управлением типа «Ролик».

Результатом настоящей работы является полученная имитационная модель пневматической принципиальной схемы конвейерной установки для перемещения коробок на макете сортировочной линии, а также полученные графики переходных процессов, которые подтверждают адекватность работы системы.

Дальнейшим развитием тематики является внедрение микроконтроллерной системы управления в имитационную модель с целью повышения эффективности работы системы с учетом результатов работ [6–10].

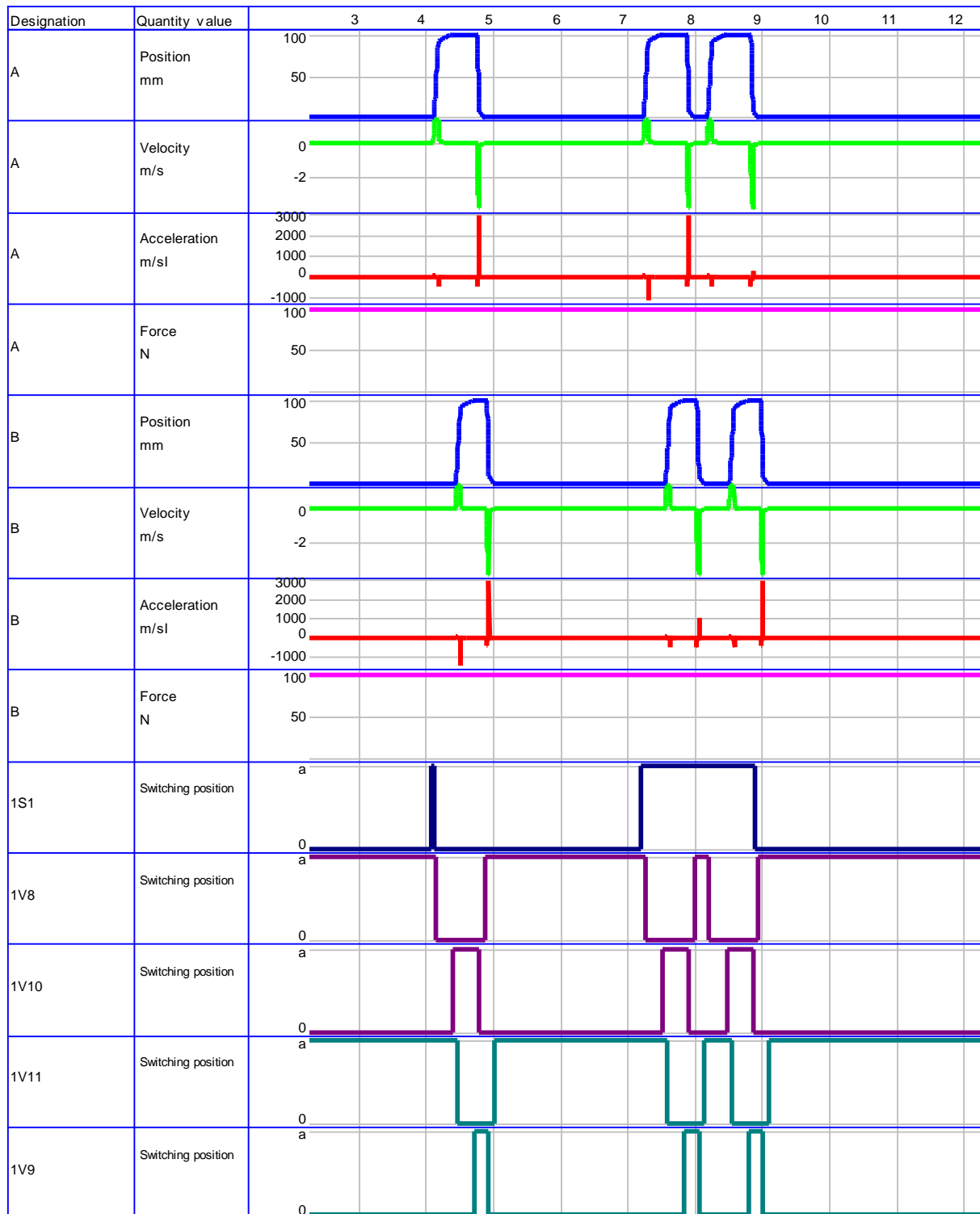


Рис. 3. Переходные процессы имитационной модели пневматической принципиальной схемы конвейерной установки для перемещения коробок на макете сортировочной линии

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" - 2005, - 145 с.
2. 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 бистабильного силового распределителя на базе пакета FLUIDSIM // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 135-138.

3. Антонова В.В., Рудаков А.А. Моделирование прямого управления пневматическим цилиндром двустороннего действия при выполнении одиночного цикла от положения А- к положению А+ с автоматическим возвратом с помощью логического элемента "НЕТ" на базе пакета FLUIDSIM 4 библиотеки PNEUMATIC // В сборнике: ПРОРЫВНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ПРОБЛЕМЫ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ. сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. 2019. С. 54-57.
4. Рудаков, А. А. Имитационная модель пневматической системы штангоулавливания / А. А. Рудаков, И. В. Сургучев, И. Л. Сандлер // Дни студенческой науки : Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 96-98. – EDN HUMBGT.
5. Сафин Р.Р., Рудаков А.А., Антонова В.В., Болгов А.В., Терехин М.А. Имитационная модель сортировочной линии с пневматическими толкателями технологического процесса изготовления простейших крепежных деталей // Наука и образование транспорту. – 2020. – № 2. – С. 49-52. – EDN UAJBHY.
6. Сандлер, И. Л. Программная реализация рекуррентного алгоритма оценивания параметров многомерных линейных динамических систем с автокоррелированными помехами / И. Л. Сандлер, Д. И. Иванов, Д. И. Митрошин // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – С. 154-156. – EDN BGORDS.
7. Identification of FARARX models with errors in variables / D. V. Ivanov, I. L. Sandler, O. A. Katsyuba, V. N. Vlasova // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – Vol. 1031. – P. 481-487. – DOI 10.1007/978-981-13-9406-5_59. – EDN XLBVCY.
8. Identification of slide valve dynamics with errors in variables / D. V. Ivanov, I. L. Sandler, E. A. Burtseva, V. N. Vlasova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Novosibirsk, 12–14 декабря 2018 года. Vol. 560. – Novosibirsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012021. – DOI 10.1088/1757-899X/560/1/012021. – EDN WDRKCG.
9. Сандлер, И. Л. Рекуррентный алгоритм оценивания параметров многомерных дискретных линейных динамических систем разного порядка с ошибками по входу / И. Л. Сандлер // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – Т. 23. – № 124. – С. 707-716. – DOI 10.20310/1810-0198-2018-23-124-707-716. – EDN YKKWXJ.
10. Авсиевич, А. В. Аппаратно-программный комплекс для управления робототехническими комплексами / А. В. Авсиевич, Д. С. Колтыгин, И. А. Седелников // Вестник СамГУПС. – 2021. – № 1(51). – С. 91-97. – EDN NVIAEE.

СЕКЦИЯ 4

Искусственный интеллект. Виртуальная и дополненная реальность на транспорте

УДК 004.048

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО СЛИЧЕНИЯ ТЕНЕВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И 3D МОДЕЛЕЙ ЗАПРЕЩЁННЫХ ПРЕДМЕТОВ

Авсиевич А.В., Авсиевич В.В., Ярыгин С.В., Колягин И.К.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В работе рассмотрены результаты программной реализации процесса сличения теневых изображений полученных с рентгенотелевизионных установок с базой данных 3D моделей запрещённых к провозу объектов. Данный способ предлагается с целью уменьшения объёмов хранения размеченных теневых изображений запрещённых предметов и снижения времени сличения, за счёт уменьшения количества сравниваемых нейросетью объектов.

Ключевые слова: нейросеть, интроскоп, рентгенотелевизионная установка, теневые изображения, 3D модель.

SOFTWARE IMPLEMENTATION OF NEURAL NETWORK COMPARISON OF SHADOW IMAGES AND 3D MODELS OF PROHIBITED OBJECTS

Avsievich A.V., Avsievich V.V., Yarygin S.V., Kolyagin I.K.

Samara, Samara State Transport University, Russia

Abstract. The paper considers the results of the software implementation of the process of comparing shadow images obtained from X-ray television installations with a database of 3D models of prohibited objects. This method is proposed in order to reduce the storage volume of marked shadow images of prohibited objects and reduce the comparison time by reducing the number of objects compared by the neural network.

Keywords: neural network, introscope, X-ray television installation, shadow images, 3D model.

Рентгенотелевизионные установки в системах инспекционно-досмотрового контроля являются одним из проверенных способов быстрого досмотра багажа и ручной клади пассажиров на транспорте [1]. Современные интроскопы за последние 20 лет прошли большой путь развития от систем отноракурсного до двухракурсного просвечивания [2], от одноцветного градиентного изображения до многоцветного градиентного изображения объектов и веществ на мониторе интроскопа. Внедрение в рентгенотелевизионные установки вспомогательных интеллектуальных систем предупреждения об опасных объектах разного рода, работающих на разных алгоритмах в зависимости от производителя.

В данной работе демонстрируется программное обеспечение разработанное для апробации технологии обработки искусственным интеллектом теневых изображений, полученных с рентгенотелевизионной установки, с целью выявления предметов, запрещённых к проносу (провозу) на объект транспортной инфраструктуры путём сличения его с 3D объектами запрещённых объектов из базы данных [3, 4, 5].

ПО разработано для работы под операционной Windows на языке программирования Python 3.9.1. При разработке ПО использовались установленные библиотеки, которые встроены в проект:

Рассмотрим процесс добавления теневого изображения в базу данных, где 3D модель объекта хранится в директории в виде отдельных папок для каждого 3D объекта (рис. 3, а) в которой находятся файлы с размеченными данными представлена обработанными 3D объектами с обёрткой в виде 2D изображения и файлом иерархии в виде, представленном на рисунке 3, б, который соответственно устанавливает приоритеты.

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
Grenade	08.12.2022 14:47	Папка с файлами	
Kastet	08.12.2022 14:47	Папка с файлами	
Knife	08.12.2022 14:47	Папка с файлами	
Machine_gun	08.12.2022 14:47	Папка с файлами	
Mp5	08.12.2022 14:47	Папка с файлами	
Pistol	08.12.2022 14:47	Папка с файлами	

а)

Имя	Тип	Сжатый размер	Защита па...	Размер	Сжатие	Дата изменения
grenade.png	Файл "PNG"	2 018 КБ	Нет	2 023 КБ	1%	07.12.2022 11:04
grenade_obj.mtl	Файл "MTL"	1 КБ	Нет	1 КБ	44%	07.12.2022 11:05
grenade_obj.obj	3D Object	102 КБ	Нет	410 КБ	76%	07.12.2022 11:05
hierarchy.txt	Текстовый документ	1 КБ	Нет	1 КБ	19%	07.12.2022 11:29

Обертка

3D модель

Иерархия

б)

Рис. 3. База данных хранения 3D объектов: а – структура папки хранения 3D объектов; б – размеченные данные с обработанными 3D объектами со обёрткой в виде 2D изображения и файлом иерархии

3D модель хранится в расширении MTL и представляет собой материал, тип файла настройки, который используется 3D-приложений для редактирования объекта. Файл MTL хранится вместе с .OBJ файла и используется для описания интенсивной текстуры применительно к 3D объекта, включают в себя как имя текстуры растрового изображения и 3D позиционирование текстуры. MTL Тип файла можно просмотреть с помощью текстового редактора, как она хранится в текстовом формате плана.

Для добавления в базу данных трёхмерной модели объекта требуется перейти в папку Image_Source => Warning_object => Gun, представлена рис. 4.

Далее создать папку со своей моделью, например, Test_model (рис. 5), которая состоит из двух файлов: модель и обёртка: модель имеет формат obj, обёртка имеет формат png.

Добавим в базу данных 3D объектов модель бака (рис. 6). Для чего в созданию папку Test_model добавим два файла Test_model.jpg, Test_model_obj.obj как показано на рис. 7.

Документы > GitHub > MetafrastisProsdioristis > Image_Source > Warning_object > Gun >

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
Grenade	07.12.2022 11:05	Папка с файлами	
Kastet	08.12.2022 12:08	Папка с файлами	
Knife	17.11.2022 13:42	Папка с файлами	
Machine_gun	08.12.2022 11:32	Папка с файлами	
Mp5	07.12.2022 11:15	Папка с файлами	
Pistol	22.11.2022 10:25	Папка с файлами	

Рис. 4. Структура папки Gun

Grenade	07.12.2022 11:05	Папка с файлами
Kastet	08.12.2022 12:08	Папка с файлами
Knife	17.11.2022 13:42	Папка с файлами
Machine_gun	08.12.2022 11:32	Папка с файлами
Mp5	07.12.2022 11:15	Папка с файлами
Pistol	22.11.2022 10:25	Папка с файлами
Test_model	14.12.2022 11:41	Папка с файлами

Рис. 5. Создание тестовой 3D модели Test_model



Рис. 6. 3D модель бака

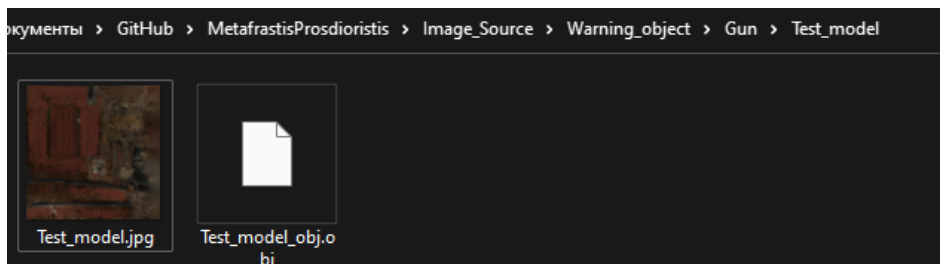


Рис. 7. Вставка файлов в тестовую модель

Важно, чтобы у файла с расширением .obj в названии был постфикс _obj, например, name_obj.obj. Так же важно что бы объекты носил название папки в которой они находятся, как продемонстрировано на рис. 3.

После добавления нового объекта запустим программу и наблюдаем, что в перечне 3D моделей добавился новый объект (рис. 8).

```
(.venv) C:\Users\Грыжа\Documents\GitHub\MetafrastisProsdioristis>python main.py
package_folder: C:\Users\Грыжа\Documents\GitHub\MetafrastisProsdioristis\.venv\lib\site-packages\ursina
asset_folder: C:\Users\Грыжа\Documents\GitHub\MetafrastisProsdioristis
Введите название подозреваемого объекта:
['Grenade', 'Kastet', 'Knife', 'Machine_gun', 'Mp5', 'Pistol', 'Test_model']
имя:test_model|
```

Рис. 8. Перечень объектов 3D моделей

После запуска программы сличения теневого изображения (Pistol), на мониторе увидим последовательное сравнение теневого изображения с 3D моделями находящихся в базе данных, одной из таких моделей будет новая модель Test_model, как показано на рис. 9.



Рис. 9. Пример работы программы с моделью Test_model

Вывод. Программное обеспечение разработанное для апробации технологии обработки теневого изображения с использованием искусственного интеллекта, а конкретней нейросетевых алгоритмов обработки графического изображения в виде теневого изображений полученных с интроскопа и сравнения его с 2D ракурсами полученными с 3D моделей с помощью её оптимального вращения по оптимальной траектории для получения наиболее близких ракурсов к теневым изображениям, показало, что технологии обработки искусственным интеллектом теневого изображений, полученных с рентгенотелевизионной установки, с целью выявления предметов, запрещённых к проносу (провозу) на объект транспортной инфраструктуры показала себя работоспособной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокорева, И. Рентгеновские комплексы в системах инспекционно-досмотрового контроля / И. Кокорева, Г. Щелкунов // Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2007. – № 4(78). – С. 36-41.
2. Муслимов, Д. А. Двухдетекторный рентгеновский интроскоп / Д. А. Муслимов, А. С. Лелюхин/ Специальная техника. – 2017. – № 2. – С. 21-25.
3. Авсиевич В. В., Колягин И. К., Ярыгин С. В. Применение нейросетей в системах безопасности. Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. (Гомель, 24–25 ноября 2022 г.) : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 4-5.
4. Авсиевич В. В., Ярыгин С. В., Колягин И. К. Генерация синтетических данных из трехмерных объектов для нейросетей в системах безопасности // Наука и образование транспорту. 2022. Т. 2. С. 60-61.
5. Авсиевич В. В., Авсиевич А. В., Ярыгин С. В., Колягин И. К. Нейросети в рентгенотелевизионных установках // Наука и образование транспорту. 2022. Т. 2. С. 62-63.
6. Авсиевич А. В., Авсиевич В. В., Авсиевич Н. А., Колягин И.К., Язданова Л.Р. Модуль генерации проекций 3D объекта с функцией изменения ракурса/ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022680448.

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ЛОГИСТИКЕ

Быков И.Ю., Козлов В.В.

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. VR-технологии предлагают полностью смоделированное 3D пространство, будь то склад или фургон-прицеп грузовой машины. Иммерсивные технологии в логистике делают работу компании проще, эффективнее и менее затратной по времени.

Ключевые слова: VR-технологии, дополненная реальность, логистика.

VIRTUAL REALITY IN LOGISTICS

Bykov I.Y., Kozlov V. V.

Samara, Samara State Technical University

Abstract. VR technologies offer a fully simulated 3D space, whether it's a warehouse or a van-trailer truck. Immersive technologies in logistics make the company's work easier, more efficient and less time-consuming.

Keywords: VR technologies, augmented reality, logistics.

По данным различных источников объем инвестиций в VR стартапы достиг 4млрд долларов. В счет идут только бизнес стартапы. Это свидетельствует о том, что данная отрасль растет семимильными шагами. Сфера логистики не исключение, здесь тоже наблюдается рост внедрения VR технологий в работу многих крупных и мелких компаний.

Для чего же стоит использовать VR технологии на складе? Стоит понимать, что VR технологии могут оцифровать все данные о складе: остатки товара, размер, условия хранения, тип товара, оставшиеся свободные секции для хранения и тд. Работник склада может сначала спроектировать хранение предмета, с учетом всех вводных данных, а уже потом сделать это в реальной жизни, тем самым сохранив время и силы.

Теперь конкретно, можно выделить основные преимущества использования VR технологий:

1. Интерактивная 3D визуализация.

Сотрудник может мгновенно получать всю нужную информацию по запрашиваемому объекту. Пример такой технологии – решение ID-Pick-by-Vision, которое обеспечивает высокую эффективность, поскольку в ней сочетаются сразу две новейшие технологии: голосовое управление и дополненная реальность. Данная технология разработана компанией Microsoft на основе голографические моделей. Человек надевает очки, видит все реальные предметы как обычно, а те, с которыми он хочет взаимодействовать специальная программа моделирует как голографический объект. Вся система работает на маркерах, будь то выставление товара на место, маршрут до него, информация о запасах этого объекта и тд.

2. Повышение скорости и точности операций

1) Повышение производительности: оператор не сканирует штрих коды, не работает с терминалом. Всё, что ему нужно находится у него перед глазами – свободное пространство, предназначенное для какого-либо груза подсвечивается, а путь к ней указан стрелками навигации. Оператор просто видит что, куда и каким способом можно разместить.

2) Повышение точности операций: рабочая программа полностью контролирует положение оператора в рабочем пространстве, считывает его голосовые команды и нахождение взгляда на объекте.

3) Повышение безопасности работы: оператор полностью вовлечен в работу, его органы чувств свободны и он может контролировать всю область работы.

3. Выход на новый уровень диджитала.

На больших складах массивы данных достигают немислимых размеров, эти массивы нужно обрабатывать, на что тратится огромное количество времени и денег. Во многих компаниях на это отводятся целые отделы обработки информации. Но VR и AR технологии позволят уменьшить штат этого отдела в разы, поскольку нужно всего лишь пара-тройка операторов экосистемы, которые будут обрабатывать реальную информацию в виде таблиц, чисел, слов в конкретные голографические модели, работать с которыми проще и быстрее.

Сегодня виртуальная реальность не является чем-то невозможным. Многие большие предприятия используют эту технологию уже около 5-ти лет. Приведу пару примеров, чтобы показать наглядно пользу данной технологии в логистике:

1) Мировая логистическая компания DHL внедрила AR в далеком 2015 году. Руководство выдало сотрудникам смарт-очки. Система выводила на прозрачный дисплей маршрут к нужной зоне на складе и помогала находить нужные товары на полках. Во время этого эксперимента уже прослеживалось увеличение эффективности – на 25%. Эксперимент длился 3 недели, во время которых 10 сотрудников укомплектовали 9 тысяч заказов, собрав более 20 тысяч единиц товара. При этом чудовищном объеме выполненной работы они не допустили ни единой ошибки.

2) Национальная здравоохранительная служба в 2018 году искала способ создать надежную и эффективную цепочку медицинских поставок. В британских госпиталях начали тестировать цифровую платформу управления медицинскими запасами с применением штрих-кодов, AR и машинного обучения. В некоторых отраслях эффективность управления запасами возросла на 90%.

3) Американская компания XPO Logistics внедряет VR для повышения компетенции операторов LTL-перевозок (перевозка сборным грузом). По данным компании в Северной Америке ежедневно загружаются 20 тысяч трейлеров, а процент ошибок при этом стремится к нулю процентов.

Вывод: VR технологии – это экономически выгодное вложение для развития бизнеса. Основные плюсы внедрения VR в логистику: уменьшение затрат по времени, деньгам и сведение к нулю ошибок на производстве. На данном этапе VR только развивается, но показывает уже прекрасные результаты в работе. Каждая компания, которая использует эти технологии вносит вклад в их развитие, поэтому за этим будущее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортный "метаверс": зачем логистике нужны AR и VR технологии [Электронный ресурс]. URL: https://cfts.org.ua/blogs/transportnyy_metavers_zachem_logistike_nuzhny_ar_i_vr_tekhnologii_631 (дата обращения 18.12.2022)
2. Что такое виртуальная и дополненная реальность? Принцип работы VR и AR технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://mining-cryptocurrency.ru/vr-ar-virtualnaya-dopolnennaya-realnost/> (дата обращения 18.12.2022)
3. Что такое VR/AR? [Электронный ресурс]. URL: <https://proglib.io/p/ne-tolko-igry-vr-ar-razrabotka-professiya-budushchego-2021-07-01> (дата обращения 18.12.2022)

КРИТЕРИИ КОЛМОГорова-СМИРНОВА И χ^2 -КВАДРАТ ДЛЯ ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Губачева К. С.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В работе рассматриваются статистические критерии, на основе которых проверяется выборка чисел для ГПСЧ. Критерии работают с большим количеством чисел для проверки статистических гипотез. После удовлетворительных результатов тестирования, можно составлять алгоритм для ГПСЧ.

Ключевые слова: критерий Колмогорова-Смирнова, псевдослучайные числа, критерий χ^2 -квадрат.

KOLMOGOROV-SMIRNOV AND χ^2 -SQUARE CRITERIA FOR A PSEUDORANDOM NUMBER GENERATOR

Gubacheva K. S.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The paper considers statistical criteria on the basis of which a sample of numbers for the RNG is checked. The criteria work with a large number of numbers to test statistical hypotheses. After satisfactory test results, it is possible to compile an algorithm for the RNG.

Keywords: Kolmogorov-Smirnov criterion, pseudorandom numbers, square criterion.

Введение. Целевым направлением работы является изучение критериев. Основные решаемые задачи заключались в выборе и реализации алгоритма построения алгебраических базисов. А также дополнение решения интеллектуальным интерпретатором декодирования процедурных переходов в визуальные формулы.

Цель работы – изучение критерия Колмогорова-Смирнова и χ^2 -квадрат для ГПСЧ.

Решалась задача провести статистические исследования для дальнейшей работы с алгоритмом ГПСЧ.

Основные этапы и результаты работы: изучение и тестирование критериев для ГПСЧ.

Основная часть. Критерий χ^2 – один из известных статистических критериев. Принято считать, что критерий асимптотически верен, то есть, выборочное распределение можно сделать как угодно близким к распределению χ^2 -квадрат путём увеличения размера выборки.

Пример испытания по критерию χ^2 -квадрат. Степеней свободы $N = 99$; статистика χ^2 -квадрат распределения равна 74; но данным квантилей χ^2 -квадрат распределения определяем соответствие значения статистики интервалам уровней значимости (доверия). Попадаем в диапазон «Подозрительный» $V \in [1-5]\%$ (рис. 1, табл. 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 рисунке 2.

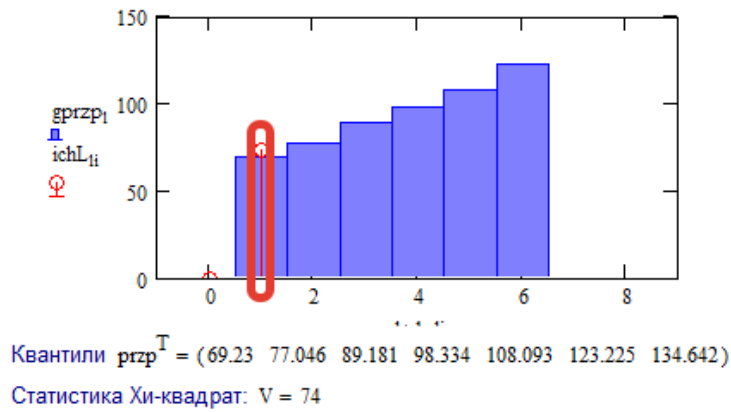


Рис. 1. Программная генерация оптимальных параметров ПСЧ; период генерации $m = 47394209$ при $a = 9029$

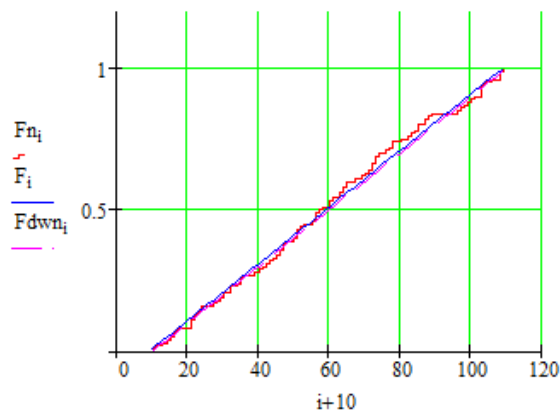


Рис. 2. Эмпирическое и эталонное распределение ПСП

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].

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

Ограничения критерия

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

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

Алгоритм работы с критерием:

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

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

3. Вычислим эмпирическое значение критерия:

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

4. Критические значения:

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

Критическая область (всегда правосторонняя).

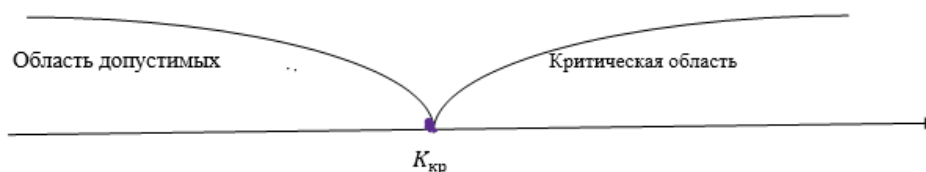


Рис. 3. Область значения

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

Заключение. Цель работы была достигнута путём изучения и испытаний критерий. Результат показывает высокую эффективность и готов к созданию алгоритма для генератора псевдослучайных чисел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуцин А.В. Пространственный детерминизм системных методов приближения и адаптации : монография / А. В. Гуцин ; А. В. Гуцин ; 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 656.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОТКАЗОВ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ НА ОСНОВЕ 3D МОДЕЛЕЙ

Исайчева Н. А., Башаркин М. В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В современных требованиях к подготовке инженерного корпуса холдинга ОАО «РЖД» прослеживается тенденция обязательного применения цифровых технологий. В университете обучающие стенды и наглядные пособия не всегда содержат исследовательскую составляющую практических и лабораторных работ или не соответствуют современным условиям эксплуатации и вновь вводимым техническим средствам. В статье предлагается изучение дестабилизирующих факторов, влияющих на устойчивую работу рельсовых цепей и анализ соответствующих диагностических протоколов с применением 3D моделирования.

Ключевые слова: техническая диагностика, отказы, рельсовые цепи, 3D моделирование, дестабилизирующие факторы, рельсовый стык, диагностический протокол.

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF FAILURES OF TRACK CIRCUITS BASED ON 3D MODELS

Isaycheva N. A., Basharkin M. V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. In the modern requirements for the training of the engineering corps of the Russian Railways holding, there is a trend of mandatory use of digital technologies. At the university, training stands and visual aids do not always contain a research component of practical and laboratory work or do not correspond to modern operating conditions and newly introduced technical means. The article proposes the study of destabilizing factors affecting the stable operation of rail circuits and the analysis of relevant diagnostic protocols using 3D modeling.

Keywords: technical diagnostics, failures, rail circuits, 3D modeling, destabilizing factors, rail joint, diagnostic protocol.

Система технической диагностики и мониторинга (СТДМ), применяемая для устройств железнодорожной автоматики и телемеханики является интеллектуальным инструментом для перехода от технического обслуживания «в график» к техническому обслуживанию по

состоянию. На участках, где успешно функционирует СТДМ, электромеханики используют диагностические протоколы для определения причины отказа устройства. В современных быстроменяющихся условиях эксплуатации и минимизации численности работников обслуживающему персоналу дистанций сигнализации, централизации и блокировки приходится быстро осваивать новые интеллектуальные системы и грамотно применять диагностические прогнозы эксплуатации, особенно при внештатных ситуациях [1–3].

Динамический протокол отказа или инцидента рельсовой цепи формируется программой СТДМ «КЗ Мониторинг» и по запросу электромеханика на мониторе отображается информация об изменении диагностического параметра. Алгоритм определения причины возникновения предотказной ситуации или отказа явно и четко не прописан в инструкциях по обслуживанию, поэтому приобретение компетенций по выявлению причинно-следственных связей возникновения отказов устройств ЖАТ по диагностическим протоколам является актуальным.

В статье рассматривается один из аспектов методики освоения компетенций по функционированию рельсовых цепей в условиях дестабилизирующих факторов. Разработана структурная схема лабораторной установки, позволяющая определить состояние рельсовой цепи при неисправных её элементах – сборный токопроводящий рельсовый стык (СТРС) (рис. 1) и изолирующий стык (ИС) (рис. 2).

Основа исследовательской лабораторной установки – 3D модель рельсовых стыков с съёмными деталями и диагностические протоколы, предоставленные работниками центра цифровой диагностики и мониторинга с реальными инцидентами на участках дорог. Спроектированные модели рельсовых стыков изготовленные на 3D принтере подключаются к индикации динамических протоколов. При возникновении ситуации отказа или предотказного состояний РЦ происходит имитация изменения напряжения на обмотке путевого реле.

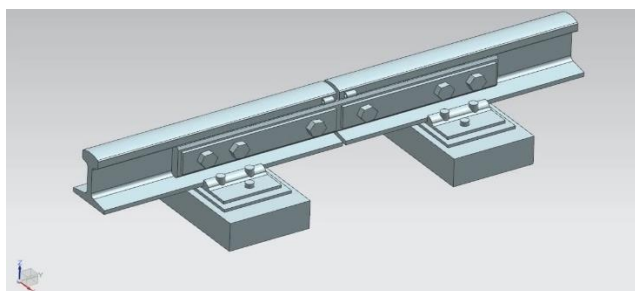


Рис. 1. 3D модель СТРС



Рис. 2. 3D модель ИС

Принцип исследовательской лабораторной установки заключается в следующем:

- отсоединить дублирующий рельсовый соединитель – загорается индикация диагностического протокола (ДП). На рис. 3 приведен образец ДП изменения напряжения на обмотке путевого реле при обрыве дублирующего соединителя;

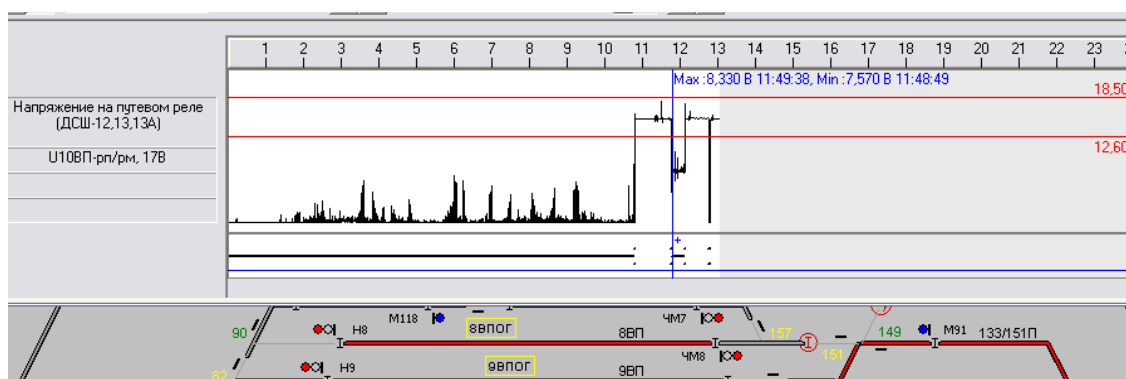


Рис. 3. Динамический протокол при обрыве дублирующего рельсового соединителя

- ослабить болты СТРС – загорается индикация ДП, советуемого инцидента;
- отсоединить рельсовый соединитель – индикация ДП при обрыве или пережоге рельсового соединителя. Одновременно загорается индикация соответствующего алгоритма действия электромеханика.

Проделав первую часть работы, обучающийся осваивает компетенции по обслуживанию рельсовых цепей и определения дестабилизирующих факторов, влияющие на устойчивую работу. Аналогично проводится действия с ИС: ослабить болты ИС; изъять изолирующую прокладку; «закоротить» ИС.

Проделав вторую часть работы, обучающийся проводит сравнительный анализ ДП и осваивает компетенции по определению причинно-следственных связей, влияющие на устойчивую работу РЦ.

Цифровизация диагностического процесса при обслуживании РЦ в комплексе с детализацией их элементов и причин отказов позволит повысить качество технического обслуживания по состоянию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суторма, А. А. Реализация подхода визуализации нормативно-технической документации / А. А. Суторма, А. Г. Исайчева, М. В. Башаркин // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2021) : Труды Международной научно-технической конференции, Самара, 24–27 мая 2021 года / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2021. – С. 522-524. – EDN ZSECHR.
2. Железнов, Д. В. Концепция мониторинга и диагностики состояний токопроводящих стыков / Д. В. Железнов, А. Г. Исайчева // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – № 4(52). – С. 15-18. – EDN UNGXZR.
3. Солдатов, А. А. Совершенствование алгоритма диагностики предотказного состояния рельсовых цепей / А. А. Солдатов // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 9. – С. 12-15. – DOI 10.34649/AT.2022.9.9.002. – EDN UAIOLX.

УДК 004.358

ПРИМЕНЕНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В АВТОМОБИЛЯХ

Кинжалеева К.М., Козлов В.В.

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. Данная работа посвящена определению потенциала возможностей применения технологий дополненной реальности для совершенствования разработки и эксплуатации автомобилей. Рассматриваются преимущества дополненной реальности в автомобильной сфере. Дается оценка применения данных технологий.

Ключевые слова: Дополненная реальность, использование дополненной реальности, автомобильный сегмент, дополненная реальность в автомобильной сфере, AR, преимущества AR, развитие AR на автомобильном рынке.

APPLICATIONS OF AUGMENTED REALITY IN CARS

Kinzhaleeva K.M., Kozlov V.V.

Samara, Samara State Technical University

Abstract. This work is devoted to determining the potential of using augmented reality technologies to improve the development and operation of vehicles. The advantages of augmented reality in the automotive industry are considered. An assessment of the use of these technologies is given.

Keywords: Augmented reality, the use of augmented reality, the automotive segment, augmented reality in the automotive sector, AR, the benefits of AR, the development of AR in the automotive market.

Автомобильная промышленность постоянно развивается и разрабатывает новые технологии, чтобы сделать вождение более приятным и интуитивно понятным. Успех автомобильных компаний в настоящее время напрямую зависит от внедрения современных

технологий. Если судить по текущим тенденциям, то ближайшее будущее автомобильного рынка будет тесно связано с использованием технологии дополненной реальности, главным образом из-за ее потенциала для создания инновационных решений. Рассмотрим, что же такое дополненная реальность и какую роль она играет в автомобильной сфере.

Дополненная реальность (Augmented Reality, AR) – это современная технология, которая переносит цифровой контент в виде 3D-объектов, текстовых элементов и звуков в реальную среду. AR относится к интерактивным технологиям, которая сочетает в себе физический и цифровой мир, отображая или добавляя различные эффекты, недоступные в нашей реальности. В автомобильной промышленности дополненная реальность прямым образом влияет на улучшение качеств автомобиля. Её можно использовать различным образом, начиная от демонстрации функций автомобиля в автосалоне и заканчивая пользовательским интерфейсом внутри машины.

По прогнозам, дополненная реальность на автомобильном рынке достигнет 6,79 млрд долларов в 2025 году, что соответствует росту в среднем на 17 % в течение 2020–2025 годов. И такой интерес к технологии AR не напрасен, рассмотрим какие же преимущества есть у дополненной реальности в данной сфере:

1. Повышение осведомленности водителя. Накладывая сгенерированную информацию на то, на что видит водитель, технология дополненной реальности может обогатить окружающий мир и улучшить впечатления пользователя от вождения. Интеграция дополненной реальности в процесс вождения может помочь снизить когнитивную нагрузку на водителей, перенося всю информацию и навигационные подсказки на приборную панель или даже на лобовое стекло: ограничение скорости, место остановки, правильный поворот, расстояние до определенной точки и пр. Также водители и пассажиры могут видеть информацию о местности вокруг, будь то достопримечательности, парковочные места или заправки.

2. Безопасность на дорогах. Дополненная реальность включает в себя функции безопасности, которые могут сберечь водителя и пассажиров, предупредив об опасностях, позволяя быстро среагировать и избежать аварий. Кроме того, такие функции включают помощь в поддержании полосы движения, предупреждение о препятствиях и обнаружение пешеходов. Могут быть добавлены погодные условия для предупреждения водителей о потенциальном ливне или грозе, а также датчики приближения, чтобы водитель знал, насколько близко другие автомобили находятся в их окружении.

3. Помощь при парковке. На сегодняшний день помощь при парковке с использованием дополненной реальности является наиболее востребованным и реализованным применением в автомобилях. AR дает водителю представление о том, где он находится по сравнению с другими автомобилями, и поместится ли его машина на парковочное место.

4. Работа продаж и маркетинга. Для того чтобы осмотреть автомобиль и узнать о нем всю информацию, не обязательно спрашивать консультантов, достаточно обогатить взаимодействие с автомобилем, используя технологии дополненной реальности. Сейчас можно организовать экскурсию с помощью смарт-очков AR, которая превращает просмотр автомобиля в интересное представление. И именно такие технологии позволяют почти почувствовать и увидеть объект, привлекая всё большее количество покупателей и клиентов.

5. Проектирование и техническое обслуживание автомобилей. Дополненная реальность предлагает производителям дополнительное преимущество в улучшении и совершенствовании своей автомобильной продукции. На ранних этапах они могут настраивать или тестировать детали с помощью технологий AR, что сокращает время и затраты в процессе запуска. Во время ремонта или технического обслуживания можно использовать интерактивные руководства с пошаговыми инструкциями с помощью использования дополненной реальности. Такое руководство можно установить на мобильное устройство или отобразить в очках дополненной реальности.

Как мы видим, технологии AR играют важную роль в автомобильной сфере и им еще предстоит раскрыть весь свой огромный потенциал. Дополненная реальность имеет широкое практическое применение в автомобильной промышленности, обслуживая как водителей,

так и производителей автомобилей. Приложения AR помогают клиентам выбирать автомобили. Интеграция AR в автомобильное оборудование делает вождение более безопасным. Цифровые руководства AR позволяют пользователям самостоятельно обслуживать автомобиль, даже если они ничего не знают о машинах. Также с помощью дополненной реальности автомобильные компании оптимизируют процессы прототипирования и сборки автомобилей. AR также помогает автомеханикам быстро и точно ремонтировать автомобили.

С текущим внедрением различных технологий дополненная реальность становится все более эффективной, доступной и широко используемой. На автомобильном рынке дополненной реальности все еще есть место для роста, поскольку постоянно появляются новые тенденции и предложения для улучшения машин. От улучшения производственного процесса до предоставления клиентам приятных ощущений от вождения – каждая компания на автомобильном рынке должна подумать об инвестировании в дополненную реальность, чтобы достичь лидирующие позиции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое дополненная реальность// Кьюнити : новостной портал. 2022. URL: <https://timeweb.com/ru/community/articles/chto-takoe-dopolnennaya-realnost> (дата обращения: 15.12.2022).
2. Дополненная реальность // Control Engineering: ежедн. интернет-изд. 2022. URL: <https://controleng.ru/innovatsii/dopolnennaya-real-nost/> (дата обращения: 15.12.2022).
3. AR – Дополненная Реальность / Хабр [сайт]. URL: <https://habr.com/ru/post/419437/> (дата обращения: 16.12.2022).
4. «Дополненная реальность» - будущее мирового автопрома //Третий рим: автомобильный портал. 2022. URL: <https://rim3.ru/avtonovosti/novosti-kompaniy/dopolnennaya-realnost-budushchee-mirovogo-avtoproma/> (дата обращения: 16.12.2022).
5. Что такое дополненная реальность? // ALEGER [сайт]. URL: <https://alegerglobal.com/ru/дополненная-реальность/> (дата обращения: 17.12.2022).

УДК 004.93

СИСТЕМА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РЕНТГЕНОТЕЛЕВИЗИОННЫХ УСТАНОВКАХ

Колягин И.К., Авсиевич В.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Для повышения качества контроля багажа на железной дороге, было предложено внедрить систему распознавания, которая будет работать одновременно с сотрудниками служб безопасности, выполняющих процедуру досмотра багажа. Особенностью системы распознавания является формат хранения данных

Ключевые слова: Система распознавания, безопасность, метод хранения.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM IN X-RAY TELEVISION INSTALLATIONS

Kolyagin I.K., Avsievich V.V.

Samara, Samara State University of Railway Transport

Abstract. To improve the quality of baggage control on the railway, it was proposed to introduce a recognition system that will work simultaneously with security personnel performing the baggage inspection procedure. A feature of the recognition system is the data storage format

Keywords: Recognition system, security, storage method.

Введение. В современном мире, когда количество человек в городах растёт, становится сложнее вести контроль запрещенных вещей, таких как наркотические средства, огнестрельное оружие и другие запрещенные предметы. Данный контроль особенно необходим в промышленных и транспортных отраслях любого государства. Железнодорожный транспорт является наиболее уязвимым для проноса запрещенных веществ, так как даже в 2021 году пассажирооборот в России составил более одного миллиарда человек согласно официальному сообщению ОАО «РЖД» от 04.01.2022. За безопасность вокзала отвечает охранная группа, оснащенная аппаратурой радиационного контроля с функцией видеонаблюдения, стационарным многозонным металлообнаружителем, портативным обнаружителем паров взрывчатых веществ, портативным рентгено-телевизионным устройством, стационарным сканирующим устройством для досмотра багажа конвейерного типа и ручным металлоискателем. Несмотря на такой уровень защиты и высокую квалификацию охранной группы, присутствует человеческий фактор, так как в случае час-пика появляется необходимость повышения пропускной способности, жертвуя безопасностью, чем пользуются злоумышленники. Но, так как системы искусственного интеллекта активно развиваются и применяются в повседневности, предлагается модернизировать рентгенотелевизионную установку, путём внедрения на её борт программы на основе искусственного интеллекта. Данное нововведение позволит повысить пропускную способность на пунктах проверки, благодаря возможности установки множества таких же устройств.

Постановка задачи. Для внедрения системы искусственного интеллекта [1, 2] необходимо разработать соответствующее программное обеспечение, которое способно организовать взаимосвязь между в рентгенотелевизионной установки и нейронной сетью. Также необходимо разработать алгоритм, который способен повысить эффективность работы данного ПО. Предположительно разбив задачу классификации на под этапы предварительной обработки данных. Также необходимо разработать технологию хранения объектов в базе данных, чтобы повысить скорость обработки и уменьшить необходимое место для их хранения. Необходимая точность работы программы выше 90 процентов.

Метод решения задачи. Для решения поставленной задачи было принято решение использовать язык программирования Python версия 3.9.1. Данный язык подходит по многим необходимым параметрам, таким как кроссплатформенность, большое количество поддерживаемых библиотек, связанных с машинным обучением, удобность работы с данными, получаемыми в процессе работы программы.

Для дальнейшей разработки необходимо определить тип нейронной сети, которая будет использоваться в приложении. В данном случае наиболее верным будет решение задачи сегментации изображения, так как нам необходимо произвести кластерный анализ групп пикселей, так как нужный предмет может быть искажён или перекрыт другим менее интересующим пользователя объектом. При этом необходимо присвоить обнаруженному объекту метку, это означает, что необходимо использовать классификатор. В качестве основы было взято YOLOv5 [3], он выделяется скоростью решения задач аугментации и способностью визуализировать процесс обучения, что позволяет упростить процесс настройки нейронной сети.

Но при решении поставленной задачи возникли следующие недостатки: точность работы программы оказалась недостаточной для определения необходимых предметов, также неполнота данных позволяла нейронной сети производить ложные срабатывания. Для решения первой проблемы, необходимо решить проблему неполноты информации, для этого было принято решение получать два изображения, вид сбоку и сверху. Оно позволило собрать более объёмную информацию, что бы на основе неё программа делала верные выводы, так же для решения проблемы повышения точности программы было принято решение использовать трёхмерные объекты в качестве элементов сравнения с полученными с рентген аппаратов снимков. При помощи расчёта расстояния Хэмминга получилось получить необходимую вероятность [4, 5]. Что бы рассчитать данное расстояние необходимо построить ХЭШ изображений, для этого

принято решение модернизировать и использовать ДКТ(Дискретно косинусальное преобразование) так как благодаря данному преобразованию градус поворота необходимого объекта не будет влиять на точность совпадения. Трёхмерная модель выполняет роль примера для сравнения, а благодаря её свойствам, есть возможность наложения необходимых масок на саму модель, это позволяет уменьшить объём необходимой памяти на устройстве и использовать эти модели для обучения нейронной сети. Нейронная сеть в программе сортирует подозрительные объекты по приоритетам и по матерьялам, что позволит пропускать через ХЭШ функцию только наиболее опасные объекты, что позволяет выявить необходимые предметы раньше, чем если бы это делала сама нейронная сеть.

Алгоритм передачи данных подразумевает распараллеливание процессов обработки, так как на вход подаётся два изображения, требуемое время на обработку тоже увеличивается в 2 раза. При этом передача признаков, таких как матерьял, плотность объекта, процент содержания данного матерьяла в объекте передаётся соответственно вместе с изображениями и выставленными приоритетами. Далее, по выбранным параметрам подбирается предположительная трёхмерная копия объекта. После подбора начинается процесс сбора изображений для ХЭШ функции. В данный процесс входит вывод трёхмерной модели, вместе с объектом из интроскопа и начинает работать алгоритм вращения, который позволяет подавать изображения по наикротчайшему верному маршруту, чтобы получить максимальный результат, по основанию которого выводится ответ, либо объект пропускается или вызывается оператор, для повторной проверки в случае ложного срабатывания.



Рис. 1. Принцип работы программы

Принцип работы модернизированного дискретно косинусального преобразования основывается на функции суммы синусоид с различными синусоидами и величинами. Для использования ДКП необходимо убрать цвет, использовать медианный фильтр, изменения размера до 32x32, только после этих этапов можно использовать дискретно косинусальное преобразование. Только в данном случае мы будем использовать матрицу размерности n на m, это и является модернизацией. После преобразований, на выход получается битовая строка признаков.

$$c[n, m] = \sqrt{\frac{2}{N}} \times \sum_{m=0}^{N-1} x[m] \times \cos\left(\frac{(2m + 1) \times pn}{2N}\right), (n, = 0, \dots, N - 1)$$

Принцип расчёта расстояния Хэмминга заключается в сравнении каждого бита у сравниваемых изображений. Данное расстояние пересчитывается в проценты что бы выдавать процент совпадения изображения. Данный процент является определяющим для принятия решения.

Новизна и практическая ценность. На текущий момент лидером в области интеллектуальных интроскопов является Hikvision. При этом реализуется при помощи сервера обработки, и используется глубокое обучение, с заготовленным набором предметов. При этом данная технология на отечественном рынке почти не развивается, несмотря на потенциал данной технологии. Результатом развития технологии может стать оптимизация искусственным интеллектом контроля огромных грузов, таких как корабельные контейнеры, массовые грузоперевозки, проверка транспорта на предприятиях, повышение безопасности на предприятиях с повышенным контролем. Так же данная технология позволяет собирать статистику о часто встречающихся предметах, что позволит следить за тенденциями развития в обществе.

Анализ полученных результатов. В результате получилось определять объекты с вероятностью выше 90 %, (рис. 1) при этом программа способна обрабатывать огромное количество объектов за один раз, количество открытых потоков для обработки зависит от количества объектов, которое передает нейронная сеть в ХЕШ функцию, что позволяет выполнять обработку сразу с нескольких сумок от одного человека (рис. 2). Так же получилась достаточно универсальная система, так как что бы обновить базу данных, достаточно добавить трёхмерный объект в общую базу данных предоставив определенные метки в отдельном файле. Так же данная система способна адаптироваться под новые рентген телевизионные установки, путём изменения цветового коэффициента.

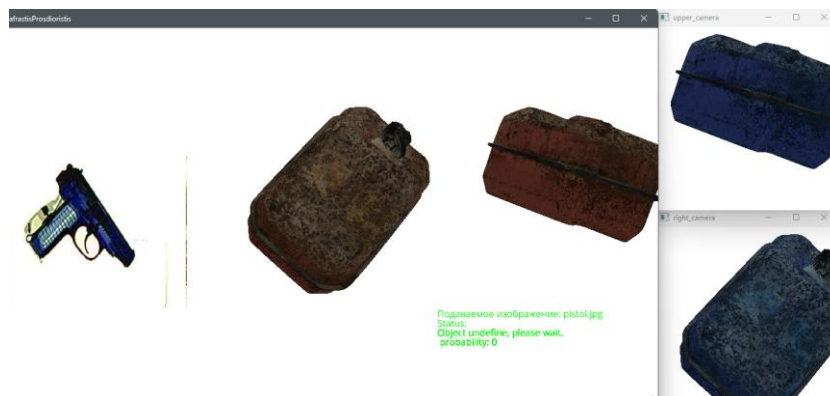


Рис. 2. Вывод текстовой информации с первого и второго потока

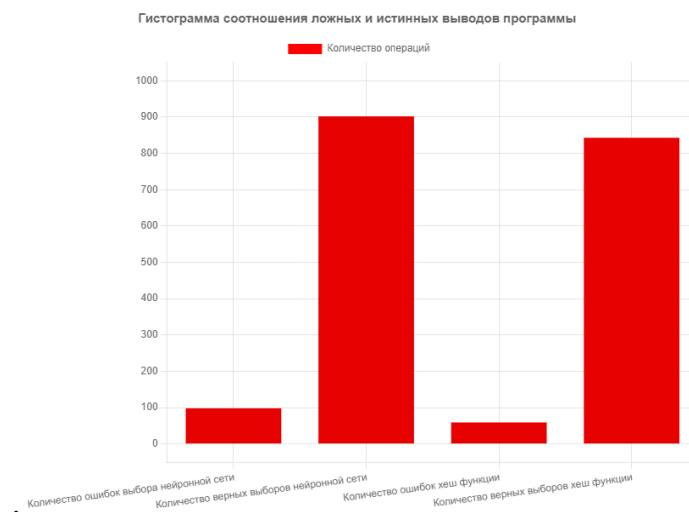


Рис. 3. График срабатывания нейронной сети и Хеш функции

Вывод. В заключение необходимо указать, что данная технология обладает высоким потенциалом развития, так как повышение уровня безопасности является одной из важных задач для всех отраслей. Разработанная технология позволяет совмещать нейронную сеть с точным расчётом для получения наивысшего результата, что повышает уровень безопасности на более высокий уровень [6–9]. Данное решение способно облегчить работу охранной службы в особо опасных моментах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание / [и др.]. – Минск : Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.
2. Малыгина М. П. МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА / М. П. Малыгина, Д. А. Герасимов // Научные труды КубГТУ. – Краснодар, 2018. – С. 9.
3. YOLOv5 : сайт. – URL: <https://github.com/ultralytics/yolov5> (дата обращения: 10.01.2023)
4. Сапожников А.П. Дискретная математика / А.П. Сапожников. – Самара : Физматлит, 1958. – 258 с.
5. Семенов В.А. Вычисление вероятности событий / В.А. Семенов // Теория вероятностей и математическая статистика (Учебное пособие) / В.А. Семенов. – 194044, Санкт-Петербург, ул. Менделеевская, 9. : ООО Издательство «Питер», 2013. – 2. – С. 33. – ISBN 978-5-496-00120-5
6. Авсиевич В. В., Колягин И. К., Ярыгин С. В. Применение нейросетей в системах безопасности. Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. (Гомель, 24–25 ноября 2022 г.) : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 4-5.
7. Авсиевич В. В., Ярыгин С. В., Колягин И. К. Генерация синтетических данных из трехмерных объектов для нейросетей в системах безопасности // Наука и образование транспорту. 2022. Т. 2. С. 60-61.
8. Авсиевич В. В., Авсиевич А. В., Ярыгин С. В., Колягин И. К. Нейросети в рентгенотелевизионных установках // Наука и образование транспорту. 2022. Т. 2. С. 62-63.
9. Авсиевич А. В., Авсиевич В. В., Авсиевич Н. А., Колягин И.К., Язданова Л.Р. Модуль генерации проекций 3D объекта с функцией изменения ракурса/ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022680448.

УДК 004.946

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ КОМПЛЕКСЕ

Кочетова А.О., Надежкин В.А., Чудаков Л.А.

Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье рассмотрена одна из главных причин возникновения производственных травм в железнодорожном комплексе – человеческий фактор. Выделен способ сокращения уровня ошибок, происходящих по вине человека, посредством внедрения VR тренажеров, с целью усовершенствования процесса обучения сотрудников ОАО «РЖД». Представлены основные задачи внедрения тренажеров виртуальной реальности и их преимущества. Выделены виды VR тренажеров в соответствии с конструкцией. Рассмотрен тренажер виртуальной реальности, применяемый в железнодорожном комплексе, для обучения электромехаников.

Ключевые слова: технологии, цифровизация, железнодорожный транспорт, персонал, повышение квалификации.

APPLICATION OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY IN PERSONNEL TRAINING IN THE RAILWAY COMPLEX

Kochetova A.O., Nadezhkin V.A., Chudakov L.A.

Samara State University of Railway Transport

Abstract. The article considers one of the main causes of industrial injuries in the railway complex – the human factor. The method of reducing the level of errors that occur due to human fault, through the introduction of VR simulators, is highlighted in order to improve the training process of employees of JSC "Russian Railways". The main tasks of implementing virtual reality simulators and their advantages are presented. The types of VR simulators are

highlighted in accordance with the design. A virtual reality simulator used in the railway complex for training electricians is considered.

Keywords: technologies, digitalization, railway transport, personnel, professional development.

Введение: на сегодняшний день в сферы жизни человечества активно внедряются цифровые технологии, свойства которых: объективность, долговечность и необходимость. В эпоху цифровых технологий появляются передовые решения в разных областях, таких как – социальной, образовательной, научной, технологической, политической, логистической, экологической, экономической и энергетической. Цифровизация надёжно вошла в облик мира будущего с её характерными способностями, что определено прогрессирующим ростом информационных технологий и микроэлектроники. Объединение реального мира и цифрового образует новый мир, которому будут способствовать интернет доминирование и дополненная реальность, а все сферы жизни будут тотально цифровизированы. Кроме того, транспортно-логическая отрасль также будет подвержена цифровизации.

Первостепенной задачей железнодорожной области является обеспечение перевозки грузов и пассажиров. Организация транспортного процесса на железнодорожной станции или сети, наблюдение за системой электроснабжения, управление локомотивами, проверка состояния путей – являются трудными задачами, которым необходим точный теоретический и практический подход при подготовке будущих сотрудников [1].

По статистике главными причинами получения работниками производственных травм является человеческий фактор – нарушение правил технической безопасности, несоблюдение производственной и трудовой дисциплины. Минимизировать ошибки, которые происходят по причине человеческого фактора возможно путем совершенствования процесса обучения сотрудников.

Использование тренажеров виртуальной реальности при подготовке кадров в железнодорожной сфере повышает производительность и надёжность перевозочного процесса, сокращает травматизм сотрудников. VR тренажер дает возможность создавать виртуальную среду присутствия сотрудника в рабочей среде посредством применения звуковых и визуальных эффектов. Виды тренажеров виртуальной реальности в зависимости от конструкции представлены на рисунке 1.

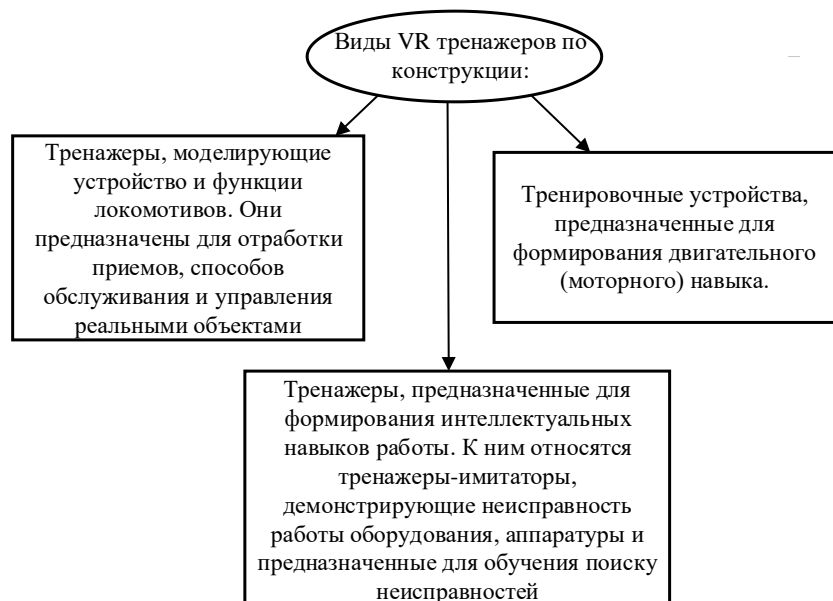


Рис. 1. Виды тренажеров виртуальной реальности в зависимости от конструкции

Главными задачами применения тренажеров виртуальной реальности для проведения обучения работников железнодорожного комплекса являются:

- проведение подготовки и получение практических навыков по управлению движения железнодорожными составами;
- обучение правильному эксплуатированию соответствующего оборудования, составление анализа технического состояния;
- проведение инструктажа о правилах поведения на рабочем месте в штатной и нештатной ситуации с точки зрения безопасности.

Основными преимуществами использования тренажеров виртуальной реальности являются:

- 1) получение практических навыков в безопасных условиях;
- 2) создание виртуальной среды модуляции реальной внештатной ситуации дает возможность эффективнее усваивать необходимую информацию, так как формируется «мышечная» память;
- 3) возможность проведения большого количества технологических операций на всех этапах устранения внештатной ситуации или проведения ремонтных работ.

Процесс обучения на VR тренажерах является полностью интерактивным [2]. Работник видит реалистичную среду рабочего процесса и работы соответствующего оборудования, также сотрудник имеет возможность проводить анализ показаний приборов в реальном времени, и после проведения виртуальной работы получает ответную реакцию, которую моделирует тренажер. К примеру, при нарушении правил техники безопасности или при неправильном порядке действий сотрудник во время обучения может испытать световой или шумовой эффект, или имитацию процесса удара током или возгорания. Таким образом работник получает эмоциональный всплеск, после которого может наглядно провести оценку итога проведенных им действий. Все полученные результаты в процессе обучения записываются в программу для дальнейшего проведения работы над ошибками, с целью повышения квалификации.

Рассмотрим процесс формирования VR тренажера. Первым этапом в разработке тренажеров с применением виртуальной реальности является формирование реалистичной локации или среды, которые соответствуют теме продукта. На втором этапе проводится оснащение интерфейса необходимыми инструментами и деталями, и записывается звуковое сопровождение для различных рабочих процессов [3]. VR тренажеры могут применяться для обучения одного человека или целой группы людей. Сформированная программа в тренажере дает возможность записывать результаты каждого отдельного сотрудника с целью повышения квалификации [4].

В настоящее время существует тренажер с использованием виртуальной реальности для обучения работников сигнализации, централизации и блокировки необходимым практическим навыкам, таким как этапы установки штанг для заземления при выполнении работы связанной с снятием напряжения контактной сети, а также по работе с стрелочным электроприводом [5]. Путьцы на данной платформе изучают перекося и просадку пути на балласте из щебня, локомотивные бригады исследуют схему работы в случае возгорания электропоезда.

Например, центр науки производства в Екатеринбурге «НовАТранс» вместе с компанией Interactive Tengo представили виртуальный тренажер в демоверсии для электромехаников, работающих в железнодорожном комплексе. Тренажер позволяет изучить процесс работы по проведению ремонта и обслуживания электроприводов стрелочного оборудования. VR-тренажер был продемонстрирован на выставке ТРАНСЖАТ в 2016 году, данная разработка получила положительные оценки со стороны экспертного мнения. Эксперты по профилю автоматизации и телемеханики выделили высокий уровень реализма в разработке и достоверной информации о рабочих этапах. Экспертный совет рекомендовал данную разработку для внедрения в компанию ОАО «Российские Железные Дороги». Виртуальная среда в VR тренажере для подготовки специалиста электромеханика РЖД представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Тренажер виртуальной реальности для электромеханика железнодорожного комплекса

Для формирования качественного продукта, специалисты по разработке платформы прошли обучающий курс электромехаников с целью изучения теоретического материала и получения практической подготовки. Специалисты подробно рассмотрели принцип работы электроприводов, стрелок и режимов работы. Сформированная платформа была проверена экспертами по профилю, таким образом были учтены все недостатки и замечания.

Вывод: применение тренажеров виртуальной реальности в процессе обучения сотрудников компании ОАО «Российские Железные Дороги» с целью получения практических навыков по проведению ремонта и обслуживания соответствующего оборудования позволяет отработать навыки правильных действий в соответствии с охраной труда и промышленной безопасности. Кроме того, VR тренажеры дают возможность проходить обучение в безопасных условиях, повторять каждый этап устранения внештатных ситуаций большое количество раз, а также программа записывает ошибки, допущенные сотрудником в ходе выполнения рабочей деятельности, и позволяет провести анализ ошибочных действий. Таким образом внедрение тренажеров виртуальной реальности в процесс обучения работников позволяет уменьшить затраты производства, сократить количество неправильных действий сотрудников, тем самым снизить уровень производственного травматизма в железнодорожном комплексе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, И.Л. Методическое пособие по разработке порядка реагирования сил транспортной безопасности и персонала объекта транспортной инфраструктуры и/или транспортных средств железнодорожного транспорта на угрозы подготовки, совершения актов незаконного вмешательства / И. Л. Васильев, С. Н. Миловидов. - Москва, 2016. - 104с.
2. Методические аспекты применения тренажеров с иммерсивной технологией при обучении в университете транспорта / М. В. Карелина, С. П. Вакуленко, П. А. Егоров, О. В. Мерецков // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2021. – Т. 2. – № 6(81). – С. 64-80.
3. Сарычева, С. А. Цифровые сквозные технологии в условиях современной экономики / С. А. Сарычева, А. О. Кочетова, В. А. Надежкин // Актуальные проблемы развития экономических, финансовых и кредитных систем : сборник материалов X Международной научно-практической конференции, Белгород, 15 сентября 2022 года. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2022. – С. 407-410.
4. Лукина, О. В. Использование технологий VR в процессе обучения персонала / О. В. Лукина, А. И. Тюлева // Экономика и Индустрия 5.0 в условиях новой реальности (ИНПРОМ-2022) : СБОРНИК ТРУДОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С ЗАРУБЕЖНЫМ УЧАСТИЕМ, Санкт-Петербург, 28–30 апреля 2022 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 101-105.
5. Цифровые технологии виртуальной реальности для транспортных компаний в сфере охраны труда / И. И. Соколова, Н. Н. Гринчар, А. Д. Соловьев [и др.] // Транспортное дело России. – 2020. – № 5. – С. 47-48.

УДК 519.2, 537

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Куршева А. А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В работе рассмотрен алгоритмический способ интеллектуального слежения за решением задачи вхождения на основании операции редукции многочленов. В ходе расчетов, образующих базиса, формируется модель представления знаний о редуцировании конечного числа зацеплений. Грамматика и синтаксис языка модели LaTeX – подобны, что позволяет воспроизвести полный ход решения алгоритма в математической нотации с визуальной возможностью анализа оптимизации базиса для конкретных решений.

Ключевые слова: система алгебраических уравнений, идеалы колец многочленов, образующие идеалов, базисы идеалов, редукция зацеплений.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A MEANS OF OPTIMIZATION RESULTS OF TECHNICAL TESTS

Kursheva A. A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The paper considers an algorithmic method of intelligent tracking of the solution of the entry task based on the operation of reduction of polynomials. In the course of calculating the generatrix of the basis, a model for representing knowledge about the reduction of a finite number of gearing is being formed. The grammar and syntax of the LaTeX model language are similar, which allows you to reproduce the full course of the algorithm solution in mathematical notation with the visual possibility of analyzing the optimization of the basis for specific solutions.

Keywords: system of algebraic equations, ideals of rings of polynomials generating ideals, bases of ideals, reduction of links.

Цель работы – разработка алгоритма интеллектуальной интерпретации вычисления базисов алгебраических идеалов.

Решалась задача построения интерпретатора решения программными средствами серверной части web-приложения.

Основные этапы и результаты работы: решение базиса и языковая интерпретация действий алгоритма.

Программа актуальна при построении испытательных стендов, моделирующих свойства объектов путем решения линейных уравнений с оцениваемыми коэффициентами. Например, для моделей процессов:

- контроля температуры нагрева масла в редукторах;
- контроля температуры подшипников;
- контроля тока и напряжения на резистивной нагрузке.

Сведения о специфике моделей и их решении взяты из реестра испытательного оборудования и методик измерений, применяемых в ОАО «РЖД».

Созданная программа относится к алгоритмическому поиску базиса, как эквивалентной системы алгебраических уравнений относительно главного идеала кольца многочленов. Программно выясняется принадлежность многочлена $h(x)$ главному идеалу $(f(x))$. Решение основано на принципе деления без остатка проверяемого многочлена $h(x)$ на производящий идеал неприводимый многочлен $f(x)$, Следствие решения – принадлежит $h(x) \in (f(x))$, иначе $h(x) \notin (f(x))$. По существу это алгоритм Бухбергера, в который встроена интеллектуальная система интерпретации решения в язык LaTeX написания математических текстов. Таким образом, скрипт LaTeX образует модель представления знаний о множестве продуцируемых многочленов базиса, как редукции исходного многочлена при его проверке

принадлежности к идеалу. Алгоритм, например, отвечает на вопрос: «Принадлежит ли многочлен $x^2 + 2$ идеалу $(x^3 + x + 1)$?». Аналогичная задача часто возникает и для многочленов от нескольких переменных, но ее решение существенно сложнее. Представляемый алгоритм модифицирован для интерпретации решений подобного уровня сложности.

Принцип хода решения. Пусть идеал $I \triangleleft \mathbb{K}[x_1, \dots, x_n]$ задан своим базисом $I = (f_1, \dots, f_m)$. Запускаем итерационный алгоритм, позволяющий за конечное число шагов выяснить, принадлежит ли данный многочлен $h(x_1, \dots, x_n)$ идеалу I , т.е. существуют ли такие многочлены $r_1(x_1, \dots, x_n), \dots, r_m(x_1, \dots, x_n)$, что $h = f_1 r_1 + \dots + f_m r_m$. Например, принадлежит ли многочлен $h = x_2 x_3^2 x_4 - x_1 x_3 x_4^2$ идеалу $(x_1 + x_2, x_3 + x_4) \triangleleft \mathbb{K}[x_1, x_2, x_3, x_4]$? Алгоритм отвечает положительно: $h = (x_1 + x_2) x_3^2 x_4 - (x_3 + x_4) x_1 x_3 x_4$. Это простая демонстрация, которая может быть решена путем подбора. Но этот метод не поможет достигнуть решения при более громоздких выражениях для h и f_i .

Операция редукции. Предположим, что старший член многочлена h делится на старший член некоторого из многочленов f_i , т.е. $h_C = f_{iC} Q$, где Q – одночлен. Тогда положим $h_1 = h - Q f_i = Q(-f_{iM}) + h_M$. При этом старший член многочлена h_1 меньше старшего члена многочлена h . Выполняются условия леммы $h \in (f_1, \dots, f_m) \Leftrightarrow h_1 \in (f_1, \dots, f_m)$. Продемонстрируем основные шаги алгоритма [1].

Шаг 1. $h = x_2 x_3^2 x_4 - x_1 x_3 x_4^2$, $f_1 = x_1 + x_2$, $f_2 = x_3 + x_4$. Моном $h_C = -x_1 x_3 x_4^2$ делится на $f_{1C} = x_1(Q = -x_3 x_4^2)$

Шаг 2. $h \rightarrow x_2 x_3^2 x_4 + x_2 x_3 x_4^2 = h_1$. Здесь $h_{1C} = x_2 x_3^2 x_4$ делится на $f_{2C} = x_3(Q = x_2 x_3 x_4)$.

Шаг 3. $h_1 \rightarrow x_2 x_4^3 + x_2 x_3 x_4^2 = h_2$ (редукция произведена дважды). Здесь $h_{2C} = x_2 x_3 x_4^2$ делится на $f_{2C} = x_3(Q = x_2 x_4^2)$.

Шаг 4. $h_2 \rightarrow x_2 x_4^3 - x_2 x_4^3 = 0$.

Шаг 5. $h \in (f_1, f_2)$.

Если h не редуцируется к нулю, то на некотором этапе возникает многочлен, старший член которого не делится ни на один из одночленов $f_{1C}, f_{2C}, \dots, f_{mC}$. В этом случае можно ли утверждать, что h не принадлежит идеалу? Для ответа на этот вопрос отвечает теорема Гильберта о конечных базисах и алгоритм Бухбергера поиска базиса Грёбнера, где под базисом Грёбнера подразумевается базис f_1, \dots, f_m идеала $I = (f_1, \dots, f_m)$, если всякий многочлен $h \in I$ редуцируется к нулю при помощи f_1, \dots, f_m . Или этому определению эквивалентно следующее понятие: набор многочленов f_1, \dots, f_m есть базис Грёбнера в $I = (f_1, \dots, f_m)$, если для любого $h \in I$ одночлен h_C делится на один из одночленов $f_{1C}, f_{2C}, \dots, f_{mC}$. Например в алгоритме показывается, что $f_1 = x, f_2 = y$ есть базис Грёбнера в идеале $(x, y) \triangleleft \mathbb{K}[x, y]$. Пусть $h(x, y)$ – произвольный многочлен. Если старший член h делится на x , то редукция с помощью f_1 есть замена x на 0 (обнуление старшего члена). Если старший член делится на y , редукция с помощью f_2 также обнуляет старший член. Поэтому всякий многочлен редуцируется к своему свободному члену. Многочлен принадлежит идеалу (x, y) тогда и только тогда, когда его свободный член равен нулю. Идеал $I = (x^2 - y, x^2 - z) \triangleleft \mathbb{K}[x, y, z]$, $f_1 = x^2 - y, f_2 = x^2 - z$. Имеем $z - y \in I$, так как $z - y = f_1 - f_2$. С другой стороны, старший член многочлена $z - y$ не делится на старшие члены f_1 и f_2 (они равны x^2). Поэтому f_1 и f_2 не образуют базис Грёбнера идеала I . Алгоритм добавляет элементы редукции в I и показывает с помощью интеллектуальной интерпретации, что f_1, f_2 и $f_3 = z - y$ – базис Грёбнера в I .

Решение алгоритмом задачи входения. Предположим, что нам известен базис Грёбнера идеала I . В разделе данных определим многочлен h . Алгоритм производит все возможные редукции h с помощью элементов базиса (любая из цепочек возможных редукций конечна). Многочлен h лежит в I тогда и только тогда, когда в результате редукций получаем нуль. Это решение представляет собой алгоритм, который полностью реализуется на ЭВМ и его можно применять к задачам со сколь угодно сложными выражениями для f_i и h [2]. Алгоритм модифицирован в том плане, что позволяет записывать зацепления и

последовательность их редукций. Это дополнительное средство анализа и поиска оптимальных базисов Грёбнера из уже решенных наборов.

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

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

а) $I = \langle ab - c^2 - c, a^2 - a - bc, ac - b^2 - b \rangle$

↓

б) $G = \{ ab - c^2 - c, a^2 - a - bc, ac - b^2 - b, b^2 + b + bc - c^2 - c, bc^2 + bc - c^3 - c^2, c^3 + c^2, bc \}$

↓

в) $B_{20} = \{ f_5, f_7 \}$
 $S_{20} = \frac{bc^2}{bc^2} \cdot (bc^2 + bc - c^3 - c^2) - \frac{bc^2}{bc} \cdot (bc) = bc - c^3 - c^2$
 $r_{20} = 0$
 $B_{21} = \{ f_6, f_7 \}$
 $S_{21} = \frac{bc^2}{c^2} \cdot (c^3 + c^2) - \frac{bc^2}{bc} \cdot (bc) = bc^2$
 $r_{21} = 0$

Рис.1. Решение алгебраического базиса: а) набор многочленов идеала кольца K ; б) дополнение набора многочленов до базиса идеала; в) восстановление в грамматике LaTeX хода решения разрешимости зацеплений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аржанцев И. В. Базисы Грёбнера и системы алгебраических уравнений. – М.: МЦНМО, 2003.– 68с.
2. Гуцин, А. В. Операторы восстановления подобия и фазовых зависимостей / А. В. Гуцин, С. В. Горбатов ; Самарский государственный университет путей сообщения. – Самара : Самарский государственный университет путей сообщения, 2020. – 131 с.

СЕКЦИЯ 5

Инновационные методы управления в транспортно-логистических системах

УДК 332

3PL ЛОГИСТИКА

Аглиулин А.Д., Козлов В.В.

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. Любому интернет-магазину нужно не только продавать товары, но и задумываться о вопросах логистики. Это неотъемлемая часть современной модели покупки чего-либо. Поэтому существуют разные уровни вовлеченности организации в логистические вопросы, у многих из них есть свои минусы, но самый используемый и более эффективный на данный момент уровень – 3PL логистика.

Ключевые слова: логистика, 3PL, Third Party Logistics.

3PL LOGISTICS

Agliulin A.D., Kozlov V.V.

Samara, Samara State Technical University

Abstract. Any online store needs not only to sell goods, but also to think about logistics issues. This is an integral part of the modern model of buying something. Therefore, there are different levels of involvement of the organization in logistics issues, many of them have their disadvantages, but the most used and more effective level at the moment is 3PL logistics.

Keywords: logistics, 3PL, Third Party Logistics.

3PL – Third Party Logistics, но в российских интерпретациях принято добавлять уточняющее слово. Общепринятое определение отсутствует.

Для понимания можно использовать такое определение: предоставление всех логистических услуг – от доставки и хранения непосредственно на складе до управления заказами и следованием по маршруту товара. Поставщик гарантирует организацию, управление перевозки, хранение товара, учет и информация по запасам (остаткам), ведение всей документации. Данное определение полностью описывает функции и архитектуру 3PL Логистики. Компания предоставляющая услуги 3PL логистики – провайдер и оператор. Существуют критерии для компании, которая претендует на роль провайдера:

1. Наличие складов различных категорий, которые имеют возможность соответствовать современным требованиям хранения товаров разных категорий.

2. Наличие автопарка, который включает в себя машины различного тоннажа и регулирования различных температурных условий (для перевозки продуктов питания и тд.)

3. Наличие автоматизированной системы для приема, модерирования, управления складскими запасами, прогнозирование маршрутизации.

4. Данная архитектура напрямую зависит от IT-технологий внедренных в работу организации. Поэтому любая компания, готовящаяся работать по принципам 3PL должна понимать, что нужно соответствующее оборудование.

В определении 3PL-логистики по умолчанию описаны основные услуги-функции, которые должна предоставлять компания. Но в особых случаях этот список расширяется, перечислим основные:

1. Доставка – 3PL-оператор доставляет груз на свои складские помещения, далее – поставка покупателю.
2. Хранение – обеспечение хранения груза на длительный срок с соблюдением условий хранения.
3. Кросс-докинг – груз разбивается на мелкие заказы, которые в короткий срок доставляются получателю.
4. Управление запасами – компания-провайдер обеспечивает отслеживание сроков годности, сохранение товарного вида заказа и в соответствии с этим дает рекомендации клиенту.
5. Обработка заказов – 3PL-оператор формирует список и описание заказа клиента и отправки конечным покупателям.

Преимущества работы с 3PL-операторами понятны:

1. Снижение материальных затрат. В этот пункт входит экономия на содержании складских помещений, автопарка и рабочего персонала.
2. Увеличение качества сервиса. Специализированные 3PL-операторы постоянно совершенствуют технологии, обновляют техническую часть и производят повышение компетенций сотрудников. Заметно улучшаются такие показатели, как точность сборки заказов и сроки доставки.
3. Гибкое управление сезонными колебаниями. При работе с 3PL-оператором есть возможность регулировать такую опцию, как объемы доставки, при этом риск минимален поскольку оплата производится по факту выполнения объема принятых заказов.
4. Возможность сфокусироваться на развитии собственного бизнеса. При работе с 3PL-провайдером, большая часть вопросов логистики и управления цепочкой поставок уходит компании-партнеру. Особенно это важно при выходе на новые рынки.

Вывод: 3PL логистика сейчас является основной системой, которой пользуются компании по продаже чего-либо в интернете. Поскольку очевидные преимущества есть как для продавца, так и для покупателя. Поэтому пока более продвинутые уровни данной логистической системы не доработаны и имеют ряд значительных минусов, 3PL будет основным выбором компаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 3PL логистика. Что это? [Электронный ресурс]. URL: <https://logistic17.ru/blog/3pl-logistika-chto-eh-to> (дата обращения 16.12.2022)
2. Инновационные технологии в логистике [Электронный ресурс]. URL: <https://novainfo.ru/article/9903> (дата обращения 15.12.2022)
3. Что такое 3PL-логистика [Электронный ресурс]. URL: <https://pimsolutions.ru/stati/dostavka-dlya-internet-magazinov/chto-takoe-3pl-logistika.html#:~:text=3PL-логистика%20-%20это%20процесс%2C%20при,всеми%20логистическими%20процессами%20владельца%20грузов> (дата обращения 16.12.2022).
4. Что такое 3PL-логистика, преимущества и виды услуг [Электронный ресурс]. URL: <https://multicold.ru/articles/chto-takoe-3pl-logistika/> (дата обращения 17.12.2022)
5. 3PL оператор - что надо знать [Электронный ресурс]. URL: <https://abc-logic.ru/chto-takoe-3pl-v-logistike-preimushhestva-i-nedostatki-raboty-s-logisticheskim-operatorom/> (дата обращения 17.12.2022)

УДК 332

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ: КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Болгов С.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье представлены результаты систематизации теоретических положений цифровизации управления транспортно-логистическими процессами, необходимые для анализа новых свойств указанных процессов, вызванных цифровой трансформацией, выбора стратегии развития в соответствии с целевыми параметрами цифровизации.

Ключевые слова: транспорт, логистика, цифровая трансформация, стратегия.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF DIGITALIZATION OF TRANSPORT AND LOGISTICS PROCESS MANAGEMENT: KEY ELEMENTS

Bolgov S.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: the article presents the results of systematization of theoretical provisions of digitalization of management of transport and logistics processes, necessary for the analysis of new properties of these processes caused by digital transformation, the choice of a development strategy in accordance with the target parameters of digitalization.

Keywords: transport, logistics, digital transformation, strategy.

Среди ключевых факторов устойчивого экономического роста важную роль играет налаженное движение ресурсных потоков, основу которого составляют транспортно-логистические процессы – движение потоковых вдов ресурсов, беспрепятственность которого должна быть обеспечена прогрессивными инструментами управления как особым видом сервиса. Безальтернативность цифровых технологий управления транспортно-логистическими процессами утверждена в Стратегии научно-технологического развития РФ до 2035. В указанном документе стратегического планирования интеллектуальные транспортно-логистические системы предстают (1) источником инновационного развития отраслей и территорий, (2) инструментом устойчивости рынка транспортно-логистических услуг, (3) фактором развития внутреннего рынка, конкурентного положения страны на глобальном рынке [1].

Интеллектуализация указанных систем достигается цифровой трансформацией управления транспортно-логистическими процессами, которая максимизирует рыночную ценность товара средствами оптимизации затрат и роста скорости продвижения ресурсов в цепях поставок, реализуемыми, в первую очередь, за счет использования цифровых технологий [2, 3, 4]. Цифровизация управления транспортно-логистическими процессами ориентирована на: (1) обеспечение целостности и унификацию технологий действующих в составе логистической инфраструктуры объектов, (2) достижение высокого уровня взаимодействия, четкой согласованности экономических интересов участников рынка, (3) ускорение сопряженных потоков (информационных, финансовых), представляемых в электронном виде. В практическом ключе она приводит к многократному росту эффективности транспортно-логистических процессов, но требует, вместе с тем, большой точности планирования и прогнозирования, высокой скорости обработки данных, максимальной эффективности моделей подбора видов транспортных средств и типов транспортировки, инструментария определения рациональных маршрутов перевозки, организационных схем выполнения заказов. Выполнение представленных требований сопряжено с глубокими знаниями теоретических основ цифровизации управления транспортно-логистическими процессами, с пониманием ключевых элементов этого знания, областей его применения на уровне практических решений (табл. 1).

Конечный набор ключевых элементов цифрового управления транспортно-логистическими процессами реализует общие принципы цифровизации, включающие ускоренные темпы технологических преобразований, дополнительные конкурентные преимущества предприятий, которые быстрее адаптируются к новым – цифровым – условиям, полную измеримость транспортно-логистических процессов, необходимость комплексной настройки всех ресурсов предприятия на цифровую парадигму развития.

В условиях цифрового управления транспортно-логистические процессы приобретают ряд особенностей (табл. 2), требуют новых подходов к выбору стратегий.

Таблица 1

Ключевые элементы цифрового управления транспортно-логистическими процессами*

Элементы	Характеристика элемента
Интегрированное комплексное планирование	Цифровые инструменты используются для формирования каждого элемента цепочки поставок (снабжение-транспортровка-распределение); для каждой функции управления (планирование закупок и транспортровки, организация снабжения, транспортровки, распределения, прогнозирование сроков доставки)
Цифровые платформы транспортно-логистических процессов	Цифровые ресурсы взаимодействия, функционирующие в форме обмена информацией, интеграции данных, формируемых из внутренних и внешних источников, с функциями контроля и мониторинга
Анализ требований к транспортно-логистическим процессам, к ресурсам, обеспечивающим эффективное управление	Цифровые модели, необходимые для оптимизации, планирования и прогнозирования событий, организации тесного сотрудничества участников транспортно-логистического процесса
Быстрое реагирование	Система цифрового управления, предполагающая гибкость и быстрое реагирование на ситуации нерегулярного, трудно предсказуемого спроса
Автономное распределение	Цифровые решения использования автономных транспортных средств
SMART-технологии	Умные склады, умный транспорт как основа цифрового, полностью автоматизированного управления цепочкой поставок, фактор роста эффективности управления, снижения потребности в персонале, резкого сокращения риска ошибок

*составлено автором на основе [5]

Таблица 2

Особенности транспортно-логистическими процессов в условиях цифрового управления

Свойство	Характеристика
Целостность	функционирование и взаимодействие отдельных процессов на основе внутренней упорядоченности и согласованности
Автономность	функционирование и развитие процессов как системы, единой целостности, благодаря наличию мощных внутренних связей между отдельными процессами по сравнению со связями внутренних и внешних процессов
Адаптивность	приспособление процессов к изменяющимся условиям внешней среды
Эмерджентность	возникновение у интегрированных процессов новых свойств, не присущих отдельным процессам
Синегризм	совместная реализация процессов по эффективности превосходит простую сумму действий каждого из них, взятого по отдельности
Гибкость	повышение скорости реагирования на изменения, основанное на мониторинге конъюнктуры рынка, адаптации инфраструктуры и ресурсов, реинжиниринги процессов в соответствии с требованиями потребителей
Бережливость	способность повышать эффективность управления процессами, функционировать на основе использования цифровых инструментов, реализованных в форме цифровых программ, платформ, технологий, сервисов
Устойчивость к рискам	способность к прогнозированию потенциальных рисков, минимизации неопределенности, сокращения ущерба или потерь при цифровом управлении, вызванных внешними и внутренними факторами
Замкнутость	повышение эффективности рециклинга в обратном (реверсивном) потоковом контуре транспортно-логистических процессов

Выявленные особенности транспортно-логистических процессов, формируемые цифровизацией управления, обуславливают выбор стратегии управления, интегрированной с запланированным уровнем цифровизации (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика стратегии управления транспортно-логистическими процессами с позиций цифровизации

Уровень цифровизации	Низкий	Средний	Высокий	Максимальный
Стратегия управления развитием транспортно-логистических процессов	Локальная стратегия развития одного процесса	Отдельная стратегия на группу процессов/на направление развития	Согласованная стратегия в рамках направлений	Единая интегрированная стратегия
Уровень цифровизации, %	0–20	20–60	60–80	80–100
Преимущества	непосредственное взаимодействие в схеме «поставщик – потребитель»; коммуникативная гибкость процедур коммуникации заключения контрактов; дополнительные возможности организации цепи поставок «под клиента»	возможность оценить эффективность отдельной группы/направления процессов, конкурентность процессов; высокая устойчивость логистической цепи	автоматизация взаимодействия «поставщик – потребитель»; высокий охват рынка каналами снабжения, распределения; точность прогнозов в части параметров цепи поставок, рыночного поведения потребителей, уровня спроса	прозрачность характеристик различных каналов, достигаемая автоматизацией управления; дополнительные возможности в использовании полного спектра каналов взаимодействия в схеме «поставщик – потребитель» в онлайн-среде
Недостатки	снижение рентабельности в связи с усилением конкуренции в конкретном сегменте; номенклатурная и ассортиментная ограниченность; потенциальные возможности монополизма поставщика или потребителя	необходимость обеспечивать наличие ресурсов для каждого отдельного канала цепи поставок, что приводит к росту совокупных затрат; необходимость поддерживать каналы с низкой рентабельностью для поддержания целостности цепи поставок	снижение качества логистического сервиса при значительном росте числа потребителей в силу рассогласования параметров спроса и предложения в различных каналах; дефицит бюджета и ресурсов на отдельных этапах реализации цепи поставок	достаточно высокая стоимость цифровых платформенных решений; неготовность субъектов транспортно-логистического рынка к внедрению инновационных технологий в силу инертности мышления

С практической точки зрения ключевые элементы цифровизации управления транспортно-логистическими процессами являются компонентами стратегического управления в логистической системе предприятия, в транспортно-логистическом комплексе региона, реализуемого на интеграции логистического и цифрового подхода к управлению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Российской Федерации № 642 от 01.12.2016 года «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [Электронный ресурс] : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/ (Дата обращения 03.12.2022)
2. Цифровая трансформация в России: итоги 2020 года и перспективы развития [Электронный ресурс]. – <https://ac.gov.ru/news/page/cifrova-a-transformacia-v-rossii-itogi-2020-goda-i-perspektivy-razvitia-26801> (Дата обращения 13.12.2022)
3. Цифровой двойник бизнеса. [Электронный ресурс] // Режим доступа : <https://biplane24.ru/3d> (Дата обращения 08.12.2022)

4. Цифровые технологии в российских компаниях. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/01/ru-ru-digital-technologies-in-russian-companies.pdf> (Дата обращения 08.12.2022)

5. Цифровая трансформация транспорта и логистики. Официальный сайт BCG. Режим доступа: <https://www.bcg.com/capabilities/digital-technology-data/overview> (Дата обращения 13.12.2022)

УДК 332

АЛГОРИТМ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОАО «РЖД»

Болгова Е.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье предложен алгоритм цифровой трансформации как инструмент управления, эффективный в формировании цифровых логистических процессов; обоснован элементный состав, этапы реализации, параметры оценки эффективности алгоритма в составе ключевых компонент цифровизации, содержания проектов (стратегий), прогноза, методики формирования цифровых логистических процессов в ОАО «РЖД»; в управлении цифровым развитием холдинга разработанные инструменты способны привести к росту ключевых показателей эффективности логистики, обозначенным в стратегических планах развития транспортной отрасли.

Ключевые слова: логистика, цифровая трансформация, управление, алгоритм.

ALGORITHM OF DIGITALIZATION OF LOGISTICS PROCESSES IN JSC "RUSSIAN RAILWAYS"

Bolgova E.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The article proposes an algorithm of digital transformation as a management tool effective in the formation of digital logistics processes; substantiates the elemental composition, stages of implementation, parameters for evaluating the effectiveness of the algorithm as part of the key components of digitalization, the content of projects (strategies), forecast, methodology for the formation of digital logistics processes in JSC "Russian Railways"; in the management of digital development of the holding the developed tools can lead to an increase in the key logistics efficiency indicators outlined in the strategic plans for the development of the transport industry.

Keywords: logistics, digital transformation, management, algorithm.

Цифровая трансформация (цифровизация) является признанным направлением совершенствования логистических процессов, в рамках которого внедрение сквозных цифровых технологий обеспечивает высокие темпы и конкурентное качество логистики предприятий и компаний в составе ОАО «РЖД». Вместе с тем, сложившаяся практика ситуативной цифровизации, организационно проводимой в режиме «кейсового» внедрения лучших цифровых сервисов и инструментов, создает, по мнению ряда ученых, объективную предпосылку для освоения интегрированного управления цифровизацией – согласованного в рамках холдинга масштабирования лучших цифровых решений, подтвердивших свою эффективность в управлении отдельными потоками или процессами [1–3]. Такой подход к цифровизации логистических процессов требует единого алгоритма, этапы которого, будучи апробированными в границах локальных логистических процессов (например, логистики грузовых перевозок, пассажирских перевозок, финансовых потоков, информационных потоков), формируют единую технологию цифровой трансформации логистики, скоординированную по содержанию, синхронизированную во времени в масштабах ОАО «РЖД».

Этапами предлагаемого для логистических процессов алгоритма являются (1) Определение ключевых компонент цифровизации; (2) Проектирование (стратегирование) цифровой трансформации; (3) Прогнозирование уровня цифровизации; (4) Методика формирования цифровых логистических процессов согласно принятому проекту или стратегии.

В представленном алгоритме этап определения ключевых компонент цифровизации включает перечень направлений использования ключевых цифровых технологий с указанием информационных источников, необходимых для сбора информации, способной верифицировать релевантность сквозной цифровой технологии и кейса ее применения в логистическом процессе (табл. 1).

Таблица 1

Определение ключевых компонент цифровизации логистических процессов ОАО «РЖД»*

Сквозные цифровые технологии	Информационные источники	Направления (кейсы) использования
«Большие данные» (big data)	бухгалтерская учетная система; системы CRM, ERP, MES, BPMN, EAM для автоматизации и контроля взаимодействия с клиентами, управления бизнес-процессами в сфере цепочки поставок, закупок, услуг, финансов, кадров; для оперативного планирования и управления производственным процессом; для обмена информацией, закодированной в виде простых диаграмм, стандартизированных блок-схем, условных обозначений; для оптимального управления физическими активами, рисками и расходами на протяжении всей длительности логистического процесса; система СКУД для контроля и управления доступом, регистрации входа-выхода в цифровую систему	первичные (сводные) данные, показатели состояния, эффективности логистических процессов
Нейротехнологии, искусственный интеллект		3D визуализация цифрового двойника логистического процесса
Системы распределенного реестра (блокчейн)		контроль состояния (инвентаризация) инфраструктурных объектов логистического процесса (склада, транспортного средства, оборудования)
Квантовые технологии		
Новые производственные технологии		картографический контроль выполнения показателей логистического процесса с выделением цветом зеленой, красной, желтой зоны
Промышленный интернет		
Компоненты робототехники, сенсорики		3 D визуализация маршрута (траектории), контроль местоположения
Технологии беспроводной связи (5 G)		удаленная коммуникация
Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR и AR)		

*составлено автором на основе [4, 5]

Составленный перечень направлений (кейсов) использования сквозных цифровых технологий в формировании логистических процессов должен быть обобщен и детализирован в целостном документе. Проект (стратегия) цифровой трансформации - согласованный, утвержденный, интегрированный в стратегию развития ОАО «РЖД», в стратегию подразделения холдинга является документом, формализующим стратегический план цифровой трансформации (табл. 2).

Прогнозирование уровня цифровизации приводит к разработке прогноза – документа, сценарно отражающего технологические, экономические, социальные, экологические последствия цифровизации логистических процессов в разрезе «точек роста» (акселераторов), показателей их достижения и последующих шагов, необходимых для достижения зрелости цифровой трансформации (табл. 3).

Методика формирования цифровых логистических процессов содержит ряд методов достижения прогнозных уровней цифровизации, с учетом сценарного сочетания акселераторов, показателей и последующих шагов (табл. 4).

Таблица 2

Содержание проекта (стратегии) цифровизации логистических процессов ОАО «РЖД»*

Раздел документа	Содержание раздела
Цифровое видение (миссия)	Какие цифровые технологии актуальны для преобразования логистических процессов? Какие новые цифровые кейсы, модели, предложения, инициативы, практики являются перспективными для использования? С какими рисками сопряжено внедрение (использование)?
Конкурентное преимущество нового цифрового кейса, модели, предложения, инициативы, практики	Какое конкурентное преимущество создает новый цифровой кейс, модель, предложение, инициатива, практика? Где (на каком рынке) хорошо позиционируется цифровой логистический процесс? Где (на каком рынке) цифровой логистический процесс оказывается в невыгодном положении?
Приоритетный список новых цифровых кейсов, моделей, предложений, инициатив, практик	Как цифровые возможности соответствуют реализуемой стратегии? В каком порядке внедрять новые цифровые кейсы, модели, предложения, инициативы, практики?
Анализ расхождений	Какие «пробелы» в возможностях необходимо заполнить, чтобы максимизировать эффекты цифровизации логистических процессов?
Дорожная карта цифровой трансформации	Каковы цели, задачи, сроки, зоны ответственности, объемы полномочий исполнителей?
Финансовое обеспечение	Каковы объемы, источники привлечения финансирования цифровой трансформации логистических процессов?

*составлено автором

Таблица 3

Прогноз уровня цифровизации логистических процессов в ОАО «РЖД»*

Акселераторы	Показатели (индикаторы)	Последующие шаги
1.Значительные инвестиции 2.Использование искусственного интеллекта как основы цифровизации 3.Создание системы управления на основе платформенной операционной модели 4.Создание цифровой культуры, стимулирующей сотрудников постоянно искать и разрабатывать новые цифровые кейсы, модели, предложения, инициативы, практики	1.Темпы роста выручки (дохода) 2.Темпы снижения операционных расходов 3.Рост доли рынка 4.Рост стоимости акций 5.Рост чистой прибыли в части влияния цифровой составляющей 6.Срок окупаемости, показатели эффективности цифровых проектов	1.Оценка зрелости цифровых возможностей, состояния существующих цифровых кейсов, моделей, предложений, инициатив, практик 2.Определение и корректировка стратегических целей цифровой трансформации логистических процессов 3.Оценка возможностей акселераторов в ускорении цифровизации логистических процессов 4.Запуск пилотных проектов цифровой трансформации логистических процессов

*составлено автором

Таблица 4

Методика формирования цифровых логистических процессов в ОАО «РЖД»*

Этапы формирования	Конфигурация	Последовательность шагов построения
цифровых логистических процессов		
1. Формирование 2. Развитие 3. Масштабирование 4. Достижение (стратегических целей)	1.Архитектура, технология, инфраструктура цифровых логистических процессов 2.Интеграция цифрового логистического процесса в цифровую экосистему ОАО «РЖД» 3.Интеграция цифрового логистического процесса в цепочку технологических процессов (закупки – снабжение – поставки –	1.Планирование цифровых сервисов 2.Модернизация цифровой технологической инфраструктуры логистического процесса (GPS, RFID, цифровых устройств, датчиков, терминалов сбора данных) 3.Внедрение систем анализа, управления производительностью цифровых логистических процессов (мониторинг, контроль достижения прогнозных показателей) 4.Цифровизация основных, вспомогательных, обеспечивающих операций логистических процессов 5.Развитие «открытых» цифровых инноваций в

Этапы формирования	Конфигурация	Последовательность шагов построения
цифровых логистических процессов		
	производство – распределение – доставка) 4. Планирование операций в цифровом логистическом процессе 5. Модель управления (администрирования) цифрового логистического процесса 6. Корректировка стратегических целей ОАО «РЖД» в связи с цифровой трансформацией логистических процессов	рамках «цифровой культуры» 6. Обеспечение «прозрачности» работы цифровых логистических процессов 7. Дезинтеграция (разукрупнение) логистических процессов на цифровые функциональные компоненты 8. Централизация финансового управления, оптимизация работы центров прибыли, центров затрат 9. Аутсорсинг управления цифровыми логистическими процессами в части кадрового, программного обеспечения

*составлено автором

Реализация предлагаемого алгоритма завершается оценкой последствий цифровизации логистических процессов ОАО «РЖД» в составе экономических, технологических, социальных, экологических эффектов, эффектов роста конкурентоспособности холдинга. Рост уровня прогрессивности логистических процессов за счет цифровой составляющей приводит к увеличению скорости доставки грузов, сокращению времени обслуживания грузоотправителей/грузополучателей, сокращению бумажного документооборота. В стратегической перспективе – к увеличению конкурентных преимуществ, доли рынка грузовых перевозок, удовлетворенности клиентов, системному снижению логистических затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болгов С.А., Болгова Е.В. Цифровая трансформация транспортного комплекса: стратегия, проблемы. Наука и образование транспорту. 2018. №1. С. 133-135.
2. Болгов С.А., Климова В.В., Болгова Е.В. Стратегические основы развития транспортно-логистических центров. Проблемы совершенствования организации производства и управления промышленными предприятиями. Межвузовский сборник научных трудов. 2019. №2. С. 16-21.
3. Климова В.В. Анализ теоретических подходов к управлению проектами и рисками. Вестник СамГУПС. №2(52). С.23-29.
4. Куприяновский В.П., Куприяновская Ю.В., Сиягов С.А., Добрынин А.П., Черных К.Ю. Цифровая экономика - различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие)//International Journal of Open Information Technologies. -2016. -Т. 4. -№ 1. -С. 4-11.
5. Литовченко В.Б., Додорина И.В. Цифровые сервисы для грузоотправителей на железнодорожном транспорте. Наука и образование транспорту. 2018. №1.С. 151-153.

УДК 004.896

НЕЙРОННЫЕ СИСТЕМЫ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

Быков И.Ю., Козлов В. В.

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. Интеллектуальная транспортная система неотъемлемая часть современного города. Главной целью внедрения ИТС является безопасность всех объектов дорожного движения. Одна из главных функций – это предоставление необходимой информации для владельцев транспортных средств и других субъектов дорожно-транспортного процесса.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, нейронные системы, искусственный интеллект, транспортные системы.

NEURAL SYSTEMS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Bykov I.Y., Kozlov V. V.

Samara, Samara State Technical University

Abstract. An intelligent transport system is an integral part of a modern city. The main goal of ITS implementation is the safety of all road traffic facilities. One of the main useful functions is to provide the necessary information for vehicle owners and other subjects of the road transport process.

Keywords: Intelligent transport system, neural systems, artificial intelligence, transport systems.

Интеллектуальная транспортная система – это совокупность технических комплексов и систем обеспечения безопасности участников дорожного движения. В ИТС происходит объединение всех инфраструктур в единую систему. В самой же ИТС есть подсистемы способные обеспечивать диспетчерское наблюдение и эффективное взаимодействие ведомств, служб. Структура ИТС подразумевает создание местного центра управления. В его обязанности входит сбор различного рода информации, планирование ремонта, развитие инфраструктуры. Работа таких диспетчерских центров оценивается на федеральном уровне.

Что входит в ИТС:

1. Дорожные камеры. Фиксация нарушения дорожных правил, сбор информации о различного рода разрушений (асфальта, знаков и тд)

2. Умные светофоры. Светофоры, которые в зависимости от ситуации на дороге могут самостоятельно регулировать свою работу.

3. Детекторы трафика. Это измерительное оборудование, задачей которого является сбор информации о движении.

4. Электронные устройства сбора оплаты за проезд. Оплата на участке через терминал может существенно замедлить движение транспорта, поэтому внедряются электронные способы оплаты. На лобовое стекло автомобиля монтируется специальный прибор с уникальным лицевым счетом через который во время движения производится оплата.

5. Информационное табло. На табло выводится вся информация о ситуации на каждом участке дороги.

6. Паркоматы. Оборудование для автоматической оплаты парковки.

7. Автоматизация освещения дорог. Освещение автоматически регулируется в зависимости от погодных условий, ситуации на дороге и времени суток.

Прогресс не стоит на месте, поэтому разработчики решили внедрять нейронные сети и ИИ в работу ИТС. Искусственный интеллект по умолчанию будет эффективнее производить сбор данных, чем человек, считывающий информацию с датчика и обрабатывающий ее. На практике работа ИИ выглядит так: выявлен плотный поток пешеходов, то есть нагрузка на тротуар высокая, а «пропускная» способность низкая. Но при этом движение автотранспорта на данном участке дороги невысокое. Управляющая организация может сделать вывод, что проезжую часть стоит сузить, а тротуар увеличить. Датчики только приблизительно различают легковые и грузовые автомобили. А нейронная сеть более четко различает и прогнозирует возможные изменения. ИИ придет к заключению, что изменять размеры дорожного полотна нельзя, так как грузовой автомобиль будет в опасной близости к тротуару.

Внедрение в систему нейронных сетей обойдется дороже, чем простые датчики, но эффективность и функциональность заметно выше. Финансовый аспект можно урегулировать с помощью мультизадачности каждой инфраструктуры. Например, систему видеонаблюдения использовать не только для обеспечения безопасности, но и для сбора данных о движении, о ситуации в целом, мониторинга работы служб уборки.

Вывод: внедрение искусственного интеллекта в работу ИТС увеличит ее эффективность. Стандартные датчики дают представление только о металлических объектах (такие, как

машина). Мониторинг происходит грубо говоря на аппаратном уровне. А ИИ дает возможность захватывать весь спектр дорожного движения. Можно отслеживать не только правонарушения на дороге, но и также следить за тем, что происходит на тротуаре, что происходит вблизи дороги. ИИ может следить за состоянием дорог, за исполнением различных услуг (уборка снега, работа с разметкой и тд). Финансовая сторона нивелируется эффективностью в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интеллектуальные транспортные системы: влияние на безопасность и роль в «Умном городе» [Электронный ресурс]. URL: <https://trasscom.ru/blog/intellektualnye-transportnye-sistemy/#6> (дата обращения 18.12.2022)
2. Интеллектуальные транспортные системы [Электронный ресурс]. URL: https://www.itv.ru/company/press_centre/articles/89837/ (дата обращения 18.12.2022)
3. Искусственный интеллект [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/7242252/page:8/> (дата обращения 18.12.2022)
4. Нейронные сети и искусственный интеллект [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/347/78177/> (дата обращения 18.12.2022)
5. Нейросети: как искусственный интеллект помогает в бизнесе и жизни [Электронный ресурс]. <https://habr.com/ru/post/337870/> (дата обращения 18.12.2022)

УДК 164.01

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ЛОГИСТИКУ

Додорина И.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В настоящее время большинство предприятий проходят процесс оцифровки в рамках четвертой промышленной революции, называемой «Индустрия 4.0». Однако есть много причин, чтобы рассмотреть влияние цифровизации на логистику. Ключевым обещанием этой концепции является обеспечение полной прозрачности в режиме реального времени. Кроме того, логистика должна получить большее видение для максимально устойчивого выполнения требований Индустрии 4.0 с точки зрения использования соответствующих технологий и усиления вертикальной и горизонтальной интеграции между партнерами по цепочке поставок.

Ключевые слова: логистика, Индустрия 4.0, оцифровка, цифровая логистическая система.

IMPACT OF DIGITALIZATION ON LOGISTICS

Dodorina I.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. Currently, most businesses are undergoing a process of digitization as part of the fourth industrial revolution, called Industry 4.0. However, there are many reasons to consider the impact of digitalization on logistics. The key promise of this concept is to provide full transparency in real time. In addition, logistics must gain a greater vision to meet the requirements of Industry 4.0 in the most sustainable way in terms of the use of appropriate technologies and increased vertical and horizontal integration between supply chain partners.

Keywords: logistics, Industry 4.0, digitization, digital logistics system.

Ускоренный темп цифровизации с «Индустрией 4.0 (четвертой промышленной революции)» изменил бизнес-контент и способствовал все более динамичной среде и структуре рынка. Во время этого процесса оцифровки, производственные процессы претерпели быстрое и все возрастающее развитие, существующие процессы и методы улучшились, были внедрены новые технологии, а размер и масштабы промышленного производства увеличились и чрезвычайно расширились [1]. Главная идея Индустрии 4.0 – использование новейших информационных технологий таким образом, чтобы различные

бизнес-процессы и инженерные процессы были глубоко интегрированы и позволяли производству работать гибко, эффективно и экологично с высоким качеством и бюджетной стоимостью.

Однако цифровая трансформация в основном происходит для достижения желаемых целей, таких как полная прозрачность работы в режиме реального времени от поставщика к покупателю, небольшие размеры партий, несколько вариантов продукции, сетевые процессы и децентрализованное, автономное управление работой [6].

Цифровизация всего логистического процесса (планирование, закупки, отгрузка и возврат) будет способствовать дальнейшему совершенствованию логистики, оптимизации рабочих процессов и сокращению времени обработки заказов [2]. В таблице 1 представлена устойчивая цифровая логистическая экосистема, которая показывает, как цифровизация влияет на логистику с точки зрения экономических, экологических и социальных аспектов устойчивости.

Таблица 1

Критерии для оценки влияния цифровизации на логистику

Аспекты	Критерии устойчивости	Описание
Экономика	1. Стоимость логистики	Экономия затрат на логистику с точки зрения транспортировки, складирования, расходов на хранение и управление товарно-материальными запасами
	2. Срок поставки	Изменения в улучшении времени доставки, времени выполнения заказа
	3. Задержка транспорта	Изменение суммы при задержке отгрузки
	4. Сокращение запасов	Изменения в объеме запасов
	5. Потеря/повреждение	Изменение количества утраченного и/или поврежденного товара от повреждения, кражи и несчастных случаев
	6. Частота обслуживания	Изменения коэффициента использования (коэффициента загрузки), частые интервалы
	7. Точность прогноза	Изменения неопределенности спроса
	8. Надёжность	Изменения в качестве логистики с точки зрения транспорта, запасов и складирования
	9. Гибкость	Изменения в условиях планирования доставки
	10. Объемы перевозок	Изменения в общем объеме перевезенных грузов
	11. Приложения	Подходящие приложения для оцифровки в логистических процессах
Окружающая среда	12. Эффективность использования ресурсов	Расход невозобновляемых ресурсов при использовании транспортных средств
	13. Энергосбережение	Изменения в потребностях электроэнергии
	14. Технологические выбросы	Изменения в потреблении топлива, выбросах CO ₂ и других парниковых газов
	15. Отходы	Изменение количества перерабатываемых отходов
	16. Загрязнения	Изменения в загрязнении воздуха и воды
	17. Землепользование	Изменение земельных площадей, отведенных под транспортные объекты, и налогов на землю
Общество	18. Преимущества развития	Соответствующие технологии с открытым доступом
	19. Воздействия	Социальные последствия, вызванные цифровизацией логистики
	20. Здоровье	Изменения в заболевании, вызванном побочным эффектом транспорта (загрязнение, шум...)
	21. Безопасность	Изменение количества инвалидов и погибших в результате несчастных случаев
	22. Модели труда	Изменения в интенсивности труда, схемах занятости и видах работ
	23. Принятие	Социально-экономическое, общественное и рыночное принятие цифровых технологий

Описательная оценка устойчивости проводится для того, чтобы качественно определить последствия цифровизации для трех аспектов логистической устойчивости: экономики, окружающей среды и общества [3]. Оценка основана на конкретном каталоге критериев, по которым описываются выявленные воздействия. Неизбежно, что социальные показатели

можно рассматривать только качественно, поскольку технологии оцифровки все еще развиваются, в то время как другие показатели экономики и окружающей среды могут быть определены количественно с точки зрения затрат, энергии и выбросов CO₂.

После определения перечня критериев влияния цифровизации на устойчивость в логистике проводится исследование среди логистических компаний и поставщиков транспортных услуг. Для этого исследования были выбраны четыре компании и два поставщика услуг, поскольку они инвестируют в цифровую трансформацию и адаптируют последние цифровые технологии и приложения в своих процессах и операциях [4], а также сотрудничают друг с другом в логистической деятельности.

Следующий исследовательский вопрос был задан каждому эксперту по логистике компании для выполнения оценочной таблицы.

«Как вы оцениваете влияние цифровизации на устойчивость логистических процессов?» Пожалуйста, укажите свою оценку следующими утверждениями по шкале относительного воздействия: + меньше/плохо; ++ умеренный; +++ высокий/отличный.

Задача экспертов состояла в том, чтобы сортировать, анализировать и оценивать перечисленные критерии и рекомендовать наиболее затронутые критерии устойчивости цифровизации. Ключевые последствия цифровизации логистики показаны в таблице 2.

Таблица 2

Ключевые последствия цифровизации в логистике

Аспекты	Критерии устойчивости	Характеристики цифровизации логистики					
		Сотрудничество	Связь	Адаптивность	Интеграция	Автономное управление	Когнитивное улучшение
Экономика	1	++	++	++	++	+	+
	2	+++	+++	++	+++	+++	++
	3	++	++	+	++	++	+
	4	+++	+++	+	++	++	++
	5	++	+	+	++	++	++
	6	+++	+++	+	+	++	++
	7	++	++	+	+	++	++
	8	++	+	+	++	++	++
	9	++	++	+	+	+++	+++
	10	+	+	+	+	+	+
	11	++	++	++	++	++	+
Окружающая среда	12	+++	++	+	++	++	++
	13	+	+	++	+++	++	+++
	14	+	++	+++	+++	+++	+++
	15	++	+++	+++	++	++	+++
	16	++	+	+	++	+++	++
	17	+	+++	+	+	+	+
Общество	18	+	++	+	+	++	++
	19	++	+	+	++	+	++
	20	++	+	++	++	++	++
	21	++	++	++	++	+++	++
	22	+	+	+	+	+	+
	23	+	+	+	++	+	+

С экономической точки зрения можно увидеть большой потенциал цифровизации в логистике [5]. Исследование также показало, что социальные последствия цифровизации в целом слабые. Вопросы безопасности и здоровья можно улучшить с помощью цифровизации логистики. Последствия цифровизации для окружающей среды больше всего повлияли на 14–16 характеристики логистики.

Поскольку данное исследование проводилось с использованием только шести признаков цифровизации логистики и с участием шести компаний, оно имеет ограничения, влияющее на ее результативность. Кроме того, исследование не имеет количественной части, а только

качественно оценивает три аспекта устойчивости: экономику, окружающую среду и общество. Количественная оценка исследования будет проанализирована в следующей публикации.

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. Додорина, И. В. Совершенствование логистической системы предприятия / И. В. Додорина, В. Б. Литовченко // Наука и образование транспорту. – 2019. – № 1. – С. 210-215.
3. Додорина, И. В. Внедрение инновационных технологий в логистическую отрасль / И. В. Додорина, В. Б. Литовченко // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 223-227. – EDN QBNKYU.
4. Рахматуллина, А. Р. Цифровизация и современные тенденции в логистике финансовых потоков / А. Р. Рахматуллина, Ю. В. Веселова, И. В. Додорина // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 3(140). – С. 1267-1270. – DOI 10.34925/EIP.2022.140.03.246. – EDN ZUINBB.
5. Kurnikova, M. V. Development of a Harmonized Digital System for Cross-Border Cooperation in the EU / M. V. Kurnikova, B. I. Tóth, I. V. Dodorina // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 304. – P. 157-166. – DOI 10.1007/978-3-030-83175-2_22. – EDN CDOFQA.
6. Литовченко, В. Б. Современные подходы в управлении транспортной компанией / В. Б. Литовченко, И. В. Додорина // Наука и образование транспорту. – 2020. – № 1. – С. 198-200. – EDN BTLRJB.

УДК 164.01

ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЛОГИСТИКИ

Додорина И.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Логистические компании, которые еще работают по старинке, рискуют потерять свои конкурентные позиции. Цифровые инновации и технологии позволяют им повысить эффективность, снизить затраты и использовать новые возможности для бизнеса. Но существуют определенные риски, связанные с внедрением цифровизации по всей логистической цепочке, которые подробно описаны в данной статье.

Ключевые слова. цифровые инновации, цифровые платформы, логистическая система, риски внедрения.

PROBLEMS OF DIGITALIZATION OF LOGISTICS

Dodorina I.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. Logistics companies that still operate the old-fashioned way risk losing their competitive position. Digital innovation and technology will enable them to improve efficiency, reduce costs and seize new business opportunities. But there are certain risks associated with the introduction of digitalization throughout the supply chain, which are described in detail in this article.

Keywords: digital innovations, digital platforms, logistics system, implementation risks.

Не так давно традиционные логистические компании работали в стабильном мире, где эффективность, стандартизация и низкая стоимость были залогом успеха. Однако, цифровизация изменила эту ситуацию. Новые участники, работающие с цифровыми технологиями способны лучше адаптироваться к возникающим императивам, таким как ловкость, ориентация на клиента и необходимость постоянного обновления [2]. Устаревшие логистические игроки рискуют быть сдерживаемыми грузом своего прошлого со статической организацией, старыми ИТ-системами и сложными процессами, препятствующие их конкуренции [1]. Они знают, что им нужно адаптироваться, но трудно

сделать это оперативно. У них есть возможность выбора из большого ассортимента технологических инноваций, но трудно определить, какой тип инновации принять и на какие части бизнес-модели они должны сосредоточиться, для того чтобы оставаться конкурентоспособными. Как при ограниченных ресурсах и времени они должны определять свои будущие стратегии и сосредоточиться на правильных областях, чтобы стать цифровыми чемпионами?

Цифровые инновации позволяют логистическим компаниям повышать эффективность их работы и снизить затраты, а также использовать новые возможности для бизнеса. Эта трансформация ведет к новой парадигме под названием «Логистика 4.0», которая основана на четырех ключевых тенденциях: автоматизация данных и прозрачность, новые методы транспортировки, цифровые платформы, новые методы производства [4].

Автоматизация данных и прозрачность. Данные всегда были в центре внимания логистики, и новые достижения в сборе и анализе данных дают компаниям возможность лучше достигать своих целей:

- стратегически, например, путем оптимизации их маршрутных сетей;
- тактически, например, за счет оптимизации количества транспортных средств и водителей, которые требуются ежедневно;
- оперативно, например, путем отслеживания поставок в режиме реального времени.

Новые методы транспортировки. Беспилотные автомобили, роботы-манипуляторы и дроны уже эксплуатируются и показывают финансовые выгоды компаниям, которые их используют в работе.

Цифровые платформы. В рамках программы «Цифровая экономика» Минтранс России планирует к 2024 году создать единую цифровую платформу транспортного комплекса (ЕЦПТК), которая должна опираться на существующую инфраструктуру систем «Платон», «ЭРА-ГЛОНАСС» и РЖД. На его основе будут реализованы логистические услуги, формирующие единую цифровую транспортно-логистическую среду (ЕЦТЛС).

Новые методы производства. Такие технологии, как 3D-печать и аддитивное производство, изменили традиционную логистику, создав новую, децентрализованную бизнес-модель.

Несмотря на растущую тенденцию к автоматизации, склады даже очень крупных компаний до сих пор не автоматизированы. В настоящее время складские процессы 15 крупнейших компаний выполняют большое количество операций вручную. Хотя использовать дешевую рабочую силу выгоднее, роботизированные решения сложно вывести на рынок. Автоматизированный процесс выигрывает у ручного труда в двух ключевых областях: производительность и точность. В случае ручного труда конечная производительность сильно зависит от количества занятых в процессе работников и их квалификации: больше работников, выше их квалификация – выше производительность.

Следующий показатель – точность: число ошибок, которые совершают люди при ручной обработке посылок и сборе заказов вручную, в несколько раз выше, чем при автоматизированной обработке.

Крупные компании должны быть инициаторами полной автоматизации складских процессов, так как роботизация позволяет добиться быстрой и видимой выгоды только в больших масштабах. При небольшом потоке перерабатываемых товаров ручная сборка становится дешевле и эффективнее.

Технологии развиваются стремительно и удачный пример заразителен, поэтому в итоге должен быть кумулятивный эффект: компании будут копировать лучшие практики друг друга, что зачастую будет выводить рынок на новый уровень. Согласно мировым тенденциям, в ближайшие годы нестандартные решения по автоматизации будут развиваться и эффективно работать для всех сегментов - крупных, малых и микропредприятий.

В России уже есть крупные интернет-ритейлеры, активно занимающиеся автоматизацией своих процессов. Можно отметить маркетплейс Lamoda, у которого все основные процессы автоматизированы. В складском комплексе Lamoda хранится и обслуживается более 8

миллионов товаров, более 300 сотрудников работают посменно, обрабатывая товары со всего мира и принимая заказы для пользователей в России, Белоруссии и Казахстана. При таком масштабе необходима полная автоматизация процессов. В то же время ассортимент фэшн-сегмента имеет свои особенности: товар может быть хрупким, нестандартным по размеру, элитным или иметь другие характеристики, которые должен учитывать склад. По этой причине полностью отказаться от использования ручного труда в складских помещениях нельзя. Но другие складские процессы должны быть полностью автоматизированы: прием товара, транспортировка его в зону отгрузки, сортировка, упаковка и подготовка к отправке. В компаниях внедряются и развиваются процессы оптимизации и автоматизации склада, так как возникают новые задачи на стыке бизнес-процессов, операционных и технических решений.

Безусловно, те компании, которые еще не активно используют цифровые технологии в своих логистических процессах, следует серьезно пересмотреть свои управленческие процессы, иначе они не смогут добиться лидирующих позиций в современном быстро меняющемся мире [3].

В век цифровизации актуален формат промышленной выставки, который представляет собой единую бизнес-площадку, где можно представить не только новинки, но лицом к лицу встречаются грузовладелец и экспедитор, разработчик и пользователь.

Цифровизация в логистике таит в себе определенные риски, которые необходимо учитывать в случае проектирования логистических систем (табл. 1). Выявление и снижение этих рисков позволит использовать новые возможности цифровизации как для компаний, так и для потребителей [5].

Таблица 1

Риски при внедрении цифровизации в логистике

Риски	Содержание
Неопределенность	Технико-экономическая неопределенность позволит определить эффективные цифровые технологии для всех участников логистической цепочки
Проблемы при одновременной работе всех участников цепи поставок	Достижение компромисса между крупными, конкурирующими и не доверяющими друг другу компаниями - это задача, которую необходимо решить при переходе к цифровой экономике
Нежелание внедрять цифровые технологии в логистику	От внедрения цифровых технологий необходимо определить основные преимущества с целью минимизации данного риска
Недостаток специалистов	Быстрые изменения в логистике и экономике в условиях цифровизации приводят к недостатку необходимых кадров
Несоблюдение баланса между всеми звеньями логистической системы в условиях цифровой экономики	Если одно звено логистической системы работает быстрее и качественнее, а другое остается без изменений, то это приводит к неудовлетворительной работе всей логистической цепочки
Ошибки при применении блокчейна	Цифровые технологии, обеспечивающие прозрачность, доступность информации при небольшой ошибке в транзакции, приведут к ее необратимости

Компании должны обязательно исследовать эти риски и возможности, используя трехэтапный процесс:

1. Анализ тенденций, которые могут повлиять на бизнес в первую очередь.
2. Создать список цифровых инноваций, на которых следует сосредоточиться, при цифровизации логистики.
3. Выбрать правильный срок для ввода в действие каждой инновации.

В каждом случае компании должны уделять пристальное внимание при их реализации на следующие моменты: убедиться, что они имеют большое значения для бизнеса; внедрять быстрее, потому что конкуренция не будет ждать; правильно оценить риски; быть гибкими в выборе цифровых инноваций и технологий.

Пришло время для логистических компаний провести сложную трансформацию, поскольку в таком быстроизменяющемся мире победителями станут те, кто сможет обратить

эти грядущие изменения в возможности, благодаря способности предвидеть тенденции, раскрывать инновационные возможности и формировать быстрые и гибкие способности для трансформации.

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. Додорина, И. В. Совершенствование логистической системы предприятия / И. В. Додорина, В. Б. Литовченко // Наука и образование транспорту. – 2019. – № 1. – С. 210-215.
3. Додорина, И. В. Внедрение инновационных технологий в логистическую отрасль / И. В. Додорина, В. Б. Литовченко // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 223-227. – EDN QBNKYU.
4. Рахматуллина, А. Р. Цифровизация и современные тенденции в логистике финансовых потоков / А. Р. Рахматуллина, Ю. В. Веселова, И. В. Додорина // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 3(140). – С. 1267-1270. – DOI 10.34925/EIP.2022.140.03.246. – EDN ZUINBB.
5. Kurnikova, M. V. Development of a Harmonized Digital System for Cross-Border Cooperation in the EU / M. V. Kurnikova, B. I. Tóth, I. V. Dodorina // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 304. – P. 157-166. – DOI 10.1007/978-3-030-83175-2_22. – EDN CDOFQA.

УДК 629.4.083

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ МОНИТОРИНГА СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Дорошенко А.Б., Емцова И.И., Гуляев А.Г., Жукова С.И.

Воронеж, Военно-воздушная академия имени проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с определением содержания механизма реализации процессов информационной поддержки технической эксплуатации в части повышения эффективности сложных технических систем.

Ключевые слова: надежность, мониторинг, эксплуатация, исправность, показатели надежности, требования по надежности.

ORGANIZATION AND REALIZATION OF MONITORING COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

Doroshenko A.B., Nemtsova I.I., Gulyaev A.G., Zhukova S.I.

Voronezh, Air Force Academy named after Prof. N.E.Zhukovsky and Yu.A.Gagarin

Abstract. In article the questions connected to definition of the maintenance of the mechanism of realization of processes of information support of technical operation regarding increase of efficiency of complex technical systems are considered.

Keywords: reliability, monitoring, operation, serviceability, parameters of reliability, the requirement on reliability.

В обеспечении исправности и безаварийного использования по назначению технических объектов, реализация которых построена на использовании сложных технических систем (СТС), должен лежать постоянно действующий контроль их технического состояния, глубины и содержания которого достаточно для последующего построения прогноза на дальнейшую эксплуатацию. Главной причиной такой постановки вопроса является широкий спектр условий и режимов работы таких объектов, реализуемый за счет внутренних возможностей этих систем. На сегодняшний день, решение системных задач эксплуатации транспортных систем невозможно представить без использования мониторинга их

технического состояния, несмотря на громаднейший объем задач и соответствующих затрат на создание этого мониторинга.

Для качественного решения некоторой основной задачи, по результатам декомпозиции планируемого будущего функционала, небольшие автономные системы объединяют в более сложную структуру, позволяющую значительно расширять круг решаемых задач с одновременным повышением качества этого решения. Исходя из состава и функционала, такие системы принято называть сложными техническими системами. На сегодняшний день, абсолютное большинство используемых систем являются СТС, что накладывает на процессы их эксплуатации дополнительные требования по обеспечению надежной и эффективной работы. Как правило, каждая такая система состоит из множества элементов (подсистем), каждый из которых решает свою задачу, а также осуществляет информационное взаимодействие в рамках реализации этой задачи как с подсистемами, так и с надсистемами. Главным показателем качества СТС является ее успешное функционирование в течение заранее задаваемого периода времени, определяемого как ресурс. Обеспечение необходимого качества работы такой СТС напрямую связано с показателями надежности ее составляющих и ввиду большой размерности перечня объектов системы представляет собой сложную инженерную задачу. Как правило, исходной сложностью оценки надежности является первоначальное отсутствие четкого механизма, который определял бы корреляцию получаемых показателей между собой с учетом специфики работы каждой из подсистем. Следующей особенностью оценки надежности СТС является наличие в системе средств дублирования, которые в процессе работы способны купировать отдельные дефекты, тем самым сглаживая скачки показателей, составляющих надежности.

Как известно, на сегодняшний день, «верховным показателем» работы любого технического объекта является надежность. Непосредственно надежность, являясь центральным понятием, трактуется, как свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять требуемые функции при заранее определенных условиях. Надежность определяется составляющими, которые характеризуется показателями таких свойств как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенными сочетаниями этих свойств [1]. Надежность является показателем характеризующем качество разработки и изготовления объекта, а ее показатели определяется исходя из достигнутого в эксплуатации уровня каждой составляющей. В связи с этим показатели надежности выбираются из минимального количества существующих, рассчитывая при этом на последующее получение остальных необходимых показателей путем пересчета. Как правило, сбор и анализ информации о надежности производится по истечении некоторого стандартного периода времени, который, привязывается к уже существующим структурам построения баз данных.

Полагая систему как объект, представляющий собой множество взаимосвязанных элементов, рассматриваемых в контексте решения общих задач исключительно как единое целое, выделенное из окружающей среды, служащее для достижения конкретной цели и при этом объединяемое связями, надежность будет определять приспособленность системы для решения обозначенных выше задач. Основным показателем, влияющим на показатели надежности в указанном контексте, будет являться констатация соответствия фактических значений параметров, значениям, установленным в технической документации. При возникновении несоответствия между требуемыми и фактическими параметрами возникает событие, определяемое как отказ, и ведущее к нарушению работоспособного состояния объекта. Непосредственно отказ может содержать несколько несоответствий, каждое из которых именуется дефектом. С точки зрения оценки происхождения отказы отдельных элементов СТС подразделяются на основные группы исходя из их индивидуальных особенностей протекающих при этом процессов.

Исходя из оценки динамики процесса отказа, могут быть рассмотрены постепенные и внезапные отказы. Природа постепенных отказов является результатом износа, который является

результатом протекания процессов старения, зависящих от величины наработки объекта. Перечень таких процессов велик: коррозия, усталость, ползучесть и другие. Вероятность возникновения такого отказа пропорциональна величине показателя наработки объекта.

Группа функциональных отказов может проявляться как общее системное или частичное, нарушение функционирования или выхода параметров, определяющих нормальную работу, за допустимые пределы.

В случае возникновения параметрического отказа величина показателей параметров, определяющих исправное состояние элементов СТС, подлежащих параметрическому контролю выходит за нормативные пределы. В данном случае могут абсолютно отсутствовать физические повреждения, объект переходит в неработоспособное состояние исходя исключительно из факта выхода за пределы значений, ограничиваемых в нормативно-технической и эксплуатационной документации показателей. В данном случае существует много дополнений и определений на отдельные детали такого отказа. Это длительность и величина этих отклонений. Сам по себе такой выход не является физической неисправностью, но при отсутствии реакции на прецедент, объект переходит на новый уровень, уровень функционального отказа. Функциональный отказ проявляется в нарушении исполнения функций, возлагаемых на объект. Как правило, такие отказы имеют весьма серьезные последствия, поскольку связаны с большими энергоемкими процессами: передача крутящего момента, тока большой величины [2].

Исходя из сущности эксплуатации, отказы могут быть подразделены на фактические и потенциальные. Если в случае проявления фактического отказа вопросов как правило не возникает, то потенциальные отказы кроются в значительном количестве эксплуатационных операций и ограничений, связанных с их соблюдением. Результатом неисполнения или использования недостаточно отработанной технологии и становится переход потенциального отказа в разряд фактических [2].

Вместе с тем, отдельные отказы не подпадают под определение надежности. К таким отказам относятся эксплуатационные отказы, возникающие в результате нарушения установленных правил эксплуатации (человеческий фактор) и связанные с внешним воздействием высокого энергетического уровня.

В целом, определяя надежность как свойство объекта, создаваемое в процессе проектирования и изготовления, процесс эксплуатации должен быть всецело направлен на поддержание необходимого уровня надежности, что достигается путем проведения мероприятий, связанных с оценкой потребности элементов СТС в различного рода воздействиях: как технических, так и организационных.

Обнаруженные отказы должны быть устранены, а их сущность и причина, а также итоги мероприятий по их устранению тщательно документированы и проанализированы. Глубина проведения и содержание этих мероприятий и будут определять достигнутый уровень надежности как характеристики, образуя глубокую обратную связь по качеству между этапами эксплуатации и создания объекта. Изначально, в процессе создания объекта, правила, определяющие формирование надежности, формируется согласно [3], определяющего требования, устанавливаемые в нормативной документации к количественным показателям составляющих надежности. В процессе задания требований по надежности происходит согласование вопросов связанных с особенностью типовой модели эксплуатации, критериев возможных отказов в формате каждой такой модели, критериев предельных состояний объекта, к которым будут установлены требования по долговечности и сохраняемости, с понятием «выходной эффект» для объектов, требования по надежности к которым устанавливаются с использованием показателя «коэффициента сохранения эффективности, методов контроля соответствия объекта заданным требованиям по надежности (контроля надежности), требованиям к конструктивным, технологическим и эксплуатационным способам обеспечения надежности, а при необходимости – с учетом экономических ограничений.

Таким образом процесс поддержания необходимого уровня эксплуатации СТС заключается в поддержании показателей надежности на заданном уровне для чего необходимы превентивные мероприятия по изначальному (конструкторско-производственному обеспечению) надежности и последующими эксплуатационными воздействиями по предотвращению и устранению неисправностей. Главным связующим элементом указанного процесса является информация, а точнее информационный обмен, направленный на получение, хранение и использование в интересах эксплуатации результатов, получаемых при анализе всего массива имеющейся информации.

Очевидно, что решение обозначенных задач нуждается в соответствующем инструментарии. На сегодняшний день такого в качестве такого инструментария самым широчайшим образом применяется мониторинг, главной задачей которого ставится достижение максимально возможного эффективного обеспечения проведения оценки поведения системы в эксплуатации по выделенным параметрическим показателям. Иными словами, можно сказать, что целевой функцией мониторинга СТС является информационное обеспечение процессов эксплуатации в интересах оценки ее эффективности. На сегодняшний день показателем этой эффективности является надежность.

В целом, в процессе мониторинга, собираемая «первичная информация, преобразуется к необходимому виду и сохраняется в базах данных. В дальнейшем, по результатам анализа данных производится оценка соответствия эксплуатации действующим нормам и правилам. Такое действие является сложной инженерной задачей и требует применения дополнительных специальных внешних средств, не являющихся частью данной системы и способных в том числе проводить анализ качества работы системы исходя из полученных от СТС значений показателей ее надежности.

По результатам проведения мониторинга образуются большие объемы данных, обработка которых даст весьма точные результаты, значения которых уже можно будет использовать непосредственно для прогноза на будущее.

Рассматривая в качестве СТС транспортные системы необходимо отметить, что такие системы характеризуются (например, в отличии от машиностроения) значительной распределенностью по территории страны. Это значительно усложняет вопросы организации мониторинга и значительно повышает требования к его реализации. Прежде всего, это относится к мероприятиям, которые должны осуществляться круглосуточно, независимо от погодных условий и при полном отсутствии человека-оператора. Понятно, что такое требование осуществимо исключительно в автоматическом режиме, где роль человека сводится лишь к устранению неисправностей в случае их возникновения. В таких условиях, определяющим показателем уровня надежности в рамках эксплуатации, становится одно из составляющих свойств надежности - безотказность. Безотказность является показателем, характеризующим качество выбора и реализации стратегии эксплуатации объекта. Вместе с тем, независимо от выбранной стратегии, безотказность объектов мониторинга, определяется исходя из сохранения функционала в целом, а в части исправности оценивается соответствием требованиям эксплуатационной документации.

Учитывая конечность перечня элементов СТС, их надежность может быть оценена в режиме текущего времени, что и происходит в последнее время. Здесь необходимо отметить, что существует устойчивый тренд на повышение надежности. Прежде всего это связано с научно-техническим прогрессом. Именно в результате продолжающегося развития науки техники, благодаря новым технологиям ресурс отдельных объектов вырос на порядки. В результате вышеуказанные требования к надежности теряют смысл, «размываются». При этом происходит значительное повышение показателей надежности, не спровоцированное эксплуатантом.

Общий вывод. Учитывая все вышесказанное, можно сделать вывод о том, что эксплуатация каждой отдельной сложной технической системы определяется из целесообразности дальнейшей эксплуатации отдельных элементов этой системы и подлежит тщательной оценке. По своей сущности такая задача определяется как «задача определения

вида технического состояния» [4]. Решение данной задачи должно быть сведено к распознаванию вида текущего технического состояния через оценку состояния отдельных объектов (подсистем). Непосредственно реализация таких принципов может быть выполнена на основе создания и функционирования параллельных математических моделей, где показатель эффективности работы контролируемого объекта может быть задан на множестве входных воздействий и параметров контролируемого объекта или на множестве его же входных воздействий и выходных реакций[4]. Кроме того, исходя из анализа существующих трендов развития мониторинга как предметной области, вполне можно ожидать смещение акцентов в рамках оценки работы СТС с показателей надежности на показатели общей эффективности, которые будут учитывать в том числе и надежность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения М. Стандартиформ. 2015.
2. А. С. Проников. Параметрическая надежность машин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 560 с: ил.
3. ГОСТ 27.003-2016 Надежность в технике. Состав и правила задания требований по надежности. М. Стандартиформ. 2017.
4. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т./Ред. совет: В. С. Авдеевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1990. – (В пер.). Т. 8: Эксплуатация и ремонт/Под ред. В. И. Кузнецова и Е. Ю. Барзиловича. – 320 с:

УДК 656.2246

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Егорова И.Н.

Ростов-на-Дону, Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье рассмотрены основные критерии, позволяющие оценить эффективность функционирования пассажирской транспортной системы в регионе. Основная сложность заключается в определении всех аспектов, оказывающих влияние на региональную пассажирскую транспортную систему. Определены основополагающие критерии эффективности, отражающие, с одной стороны, наиболее полное удовлетворение спроса на перевозки, а с другой – отвечающие коммерческим интересам всех участников перевозочного процесса.

Ключевые слова: пассажирская транспортная система, показатели, критерии эффективности, доступность, безопасность.

EFFICIENCY CRITERIA OF THE REGIONAL PASSENGER TRANSPORT SYSTEM FUNCTIONING

Egorova I.N.

Rostov-on-Don, Rostov State Transport University

Abstract. The article considers the main criteria for assessing the effectiveness of the passenger transport system in the region. The main difficulty lies in identifying all aspects that have an impact on the regional passenger transport system. The fundamental criteria of efficiency are defined, reflecting, on the one hand, the most complete satisfaction of the demand for transportation, and on the other – meeting the commercial interests of all participants in the transportation process.

Keywords: passenger transport system, indicators, performance criteria, accessibility, safety.

Транспортная система Российской Федерации представляет собой совокупность различных видов транспорта и инфраструктуры, обеспечивающей их функционирование.

Основным назначением транспортной системы является обеспечение транспортных потребностей населения.

Транспортная система Юга России представлена всеми видами современного магистрального транспорта. В настоящее время пассажирские перевозки на Северо-Кавказской железной дороге выполняют в пригородном сообщении – АО «СКППК», ОАО «Кубань Экспресс-Пригород», в дальнем сообщении – АО «ФПК».

В регионе располагаются крупные железнодорожные пассажирские узлы: Ростов-на-Дону, Сочи, Адлер, Краснодар, Анапа и др. В 2018 году наметилась тенденция к увеличению количества отправленных пассажиров по основным пассажирообразующим вокзалам, за исключением Ростов-Главный, Минеральные Воды и Кисловодск. Тенденция увеличения пассажиропотока прослеживается и в последующие годы, исключением стал 2020 г., когда из-за пандемии было отменено большое количество поездов и существенно ограничено межрегиональное сообщение, что повлияло на сокращение пассажиропотока на основных направлениях в регионе (рис. 1).

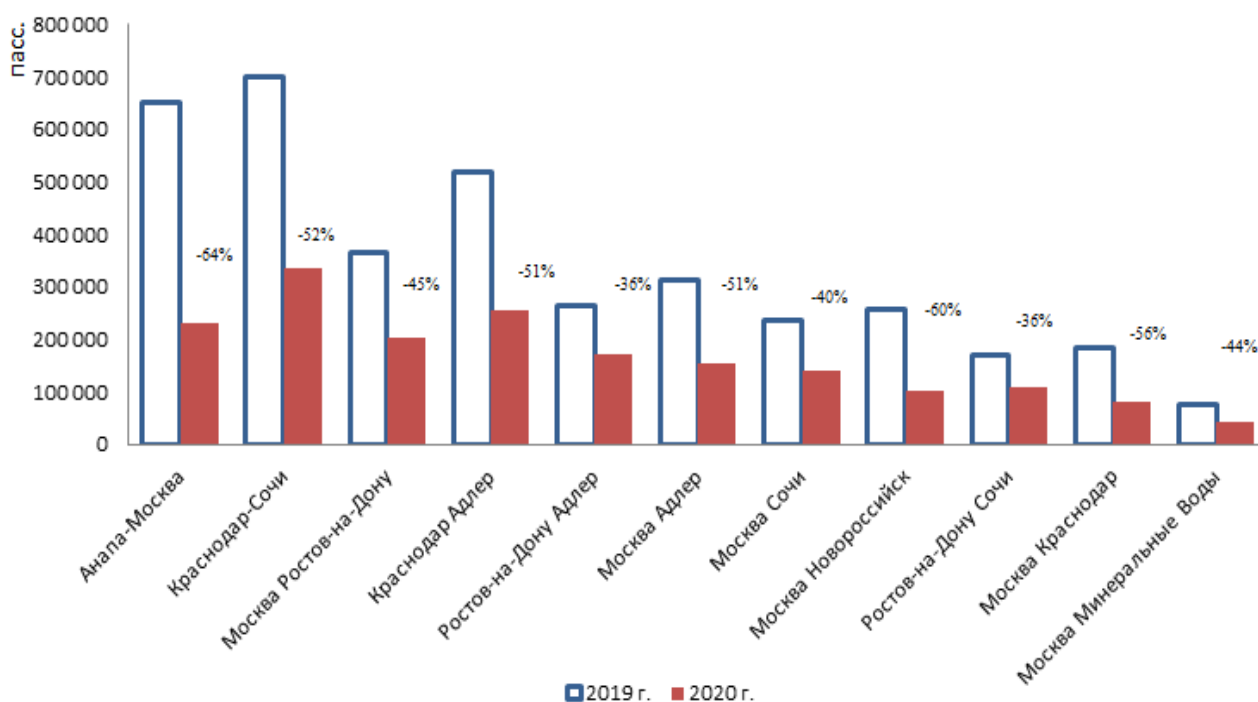


Рис. 1. Динамика пассажиропотока по основным направлениям Северо-Кавказской железной дороги

Рынок пассажирских транспортных услуг в настоящее время характеризуется перераспределением пассажиропотоков между альтернативными видами транспорта. Большое влияние на функционирование транспортной системы оказывает деятельность авиационного транспорта. На некоторых направлениях (например, Москва-Адлер, Москва-Краснодар) пассажиропоток авиационного транспорта в 2020 году превысил пассажиропоток железнодорожного более чем в 21 раз (рис. 2).

Оценка эффективности функционирования региональной пассажирской транспортной системы (РПТС) является сложной задачей, требующей детального рассмотрения. Основная сложность заключается в определении всех аспектов, оказывающих влияние на РПТС. Так, при функционировании системы должны учитываться основополагающие критерии эффективности, отражающие, с одной стороны, наиболее полное удовлетворение спроса на перевозки, а с другой – отвечающие коммерческим интересам всех участников перевозочного процесса [1]. При этом необходимым условием эффективности пассажирских перевозок является безусловное обеспечение безопасности, рациональное использование инфраструктуры, а также снижение вредного воздействия на окружающую среду (рис. 3).

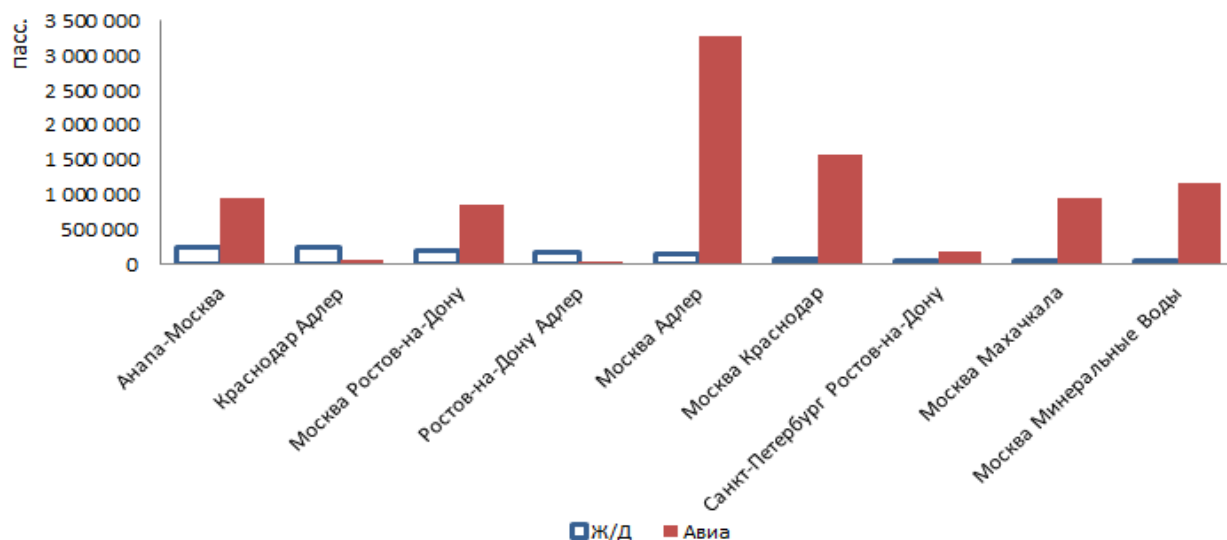


Рис. 2. Динамика пассажиропотока железнодорожного и авиационного транспорта по основным направлениям Северо-Кавказской железной дороги за 2020 год



Рис. 3. Критерии эффективности функционирования региональной пассажирской транспортной системы

Эффективность функционирования РПТС в первую очередь зависит от социальной удовлетворенности качеством транспортного обслуживания [2]. Транспортная сеть должна обеспечивать удобные пассажирские связи с основными пассажирообразующими центрами. При этом фактор транспортной доступности в полной мере отражает влияние транспорта на социально-экономическое развитие общества.

С данной точки зрения транспортная доступность характеризуется такими показателями, как плотность транспортной сети и транспортная обеспеченность региона (табл. 1).

Критерии оценки транспортной доступности регионов

№ п/п	Наименование показателя		Степень транспортной доступности	Значение показателя для регионов			
				Рост. обл.	Краснод. край	Ставр. край	Респ. Крым
1	Плотность путей сообщения, км путей на 1 000 км ² территории	$\rho = \frac{L}{S}$ км/1000 км ² , L – длина маршрутной сети, км; S – площадь территории, 1000 км ²	Автомобильный транспорт низкая $\rho \leq 50$ средняя $50 < \rho < 150$ высокая $\rho > 150$	267	486	276	500
			Железнодорожный транспорт низкая $\rho \leq 20$ средняя $20 < \rho < 80$ высокая $\rho > 80$	18,8	29,7	13,9	25,5
2	Транспортная обеспеченность населения на 10000 чел.	$\Theta = \frac{L}{\sqrt{SN}}$ L – длина транспортных путей, км; S – площадь освоенной территории, км ² ; N – численность населения, тыс.чел.	Автомобильный транспорт низкая $\Theta \leq 5$ средняя $5 < \Theta < 10$ высокая $\Theta > 10$	4,2	5,6	4,2	5,8
			Железнодорожный транспорт низкая $\Theta \leq 2$ средняя $2 < \Theta < 3$ высокая $\Theta > 3$	0,3	0,34	0,21	0,29

Плотность железнодорожной сети в Южном регионе в среднем в 2,8 раз превышает соответствующий показатель по России. В частности, в Краснодарском крае данный показатель в 5,5 раз выше среднего значения по стране [3]. Население, как основной источник спроса на перевозки, характеризуется, в первую очередь, интегральной численностью, которая для Юга России складывается из численности постоянно проживающего населения и численности сезонного населения (состоящего из отдыхающих, приезжающих в санатории, пансионаты, дома отдыха и т.п. по путевкам, и «неорганизованных» отдыхающих и туристов).

Как видно из таблицы 1, степень транспортной доступности железнодорожного транспорта достаточно низкая, поэтому развитие транспортной инфраструктуры позволит обеспечить спрос населения регионов Юга России на качественные услуги и, соответственно, повысить клиентоориентированность железнодорожной отрасли.

Современные пассажиры предъявляют новые требования к разным видам транспорта, и от железнодорожных компаний зависит, смогут ли они увеличить свою долю на рынке пассажирских перевозок, повысив качество транспортных услуг по сравнению с конкурентными видами транспорта. Для населения с плотным рабочим графиком, требующим частых перемещений между городами, имеет большую важность возможность выбора между разными видами транспорта (автомобильным, железнодорожным или воздушным) в зависимости от скоростей, периодов года, доступности и уровня комфорта поездки.

Нельзя рассматривать решение транспортных проблем обособленно, в отрыве от таких проблем, как обеспечение экологичности и безопасности. В настоящее время развитие транспортной системы сопровождается негативными последствиями в области обеспечения безопасности, в первую очередь – повышения уровня аварийности транспортных средств. Острота данной проблемы связана со спецификой Южного региона. Выходом из сложившейся ситуации является разработка вариантов перспективного развития РПТС на основе увеличения доли перевозок железнодорожным транспортом (как самого экологически чистого и безопасного), функционирующего в рамках мультимодальных пассажирских транспортных систем. Ключевым фактором повышения доступности транспортных услуг

является существенное снижение времени нахождения пассажира в пути следования, в том числе за счет внедрения высокоскоростного движения и сокращения времени на пересадку с одного вида транспорта на другой на основе реализации хабовой модели организации пассажирских перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Voronezh, Air Force Academy named after Prof. N.E.Zhukovsky and Yu.A.Gagarin Лapidус Б.М., Лapidус Л.В. Гладкая бесшовная транспортная система – инновационная модель будущего: природа, сущность, детерминанты качества // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6. Экономика. – 2017. – № 2. – С. 45-64.
2. Егорова И.Н., Зубков В.Н. Влияние социально-экономических показателей на прогнозный объем железнодорожных пассажирских перевозок // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2019. № 2. С. 90–97.
3. Государственная программа «Развитие транспортной системы». Утв. постановлением Правительства от 20 декабря 2017. № 1596.

УДК 658.78.011.1

ПОЛЬЗА И РИСКИ БОНДОВЫХ СКЛАДОВ В РОССИИ

Елина А.М., Лисюкова Е.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной статье рассматривается определение бондового склада, положительные и отрицательные стороны его создания, а также его виды.

Ключевые слова: бондовый склад, товары, таможня.

BENEFITS AND RISKS OF BONDED WAREHOUSES IN RUSSIA

Elina A.M., Lisyukova E.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. This article discusses the definition of a bonded warehouse, the positive and negative sides of its creation, as well as its types.

Keywords: bonded warehouse, goods, customs.

Склады В2В2С – это формат склада, предназначенный для хранения ввозимых (импортных) товаров под таможенным контролем, но без уплаты НДС и таможенных пошлин до момента транспортировки товара со склада конечному потребителю. Согласно плану, эти склады планируют разместить в важных транспортных узлах страны, что будет удобно как для экспортеров, так и для покупателей. Согласно источникам информации, первый в России бондовый лагерь будет расположен на территории Республики Татарстан, через которую проходят крупнейшие транспортные маршруты между Европой и западным Китаем. В будущем планируется открытие дополнительных складов в Москве и Новосибирске [2].

В зависимости от местоположения существуют различные виды бондовых складов.

В зависимости от цели трудно выбрать тип склада для разных ситуаций, так что, например, товары могут сначала быть доставлены на временный склад, а затем перевезены в другую страну, или помещены на склад на некоторое время, или ждать, пока их продадут в розницу [1].

Рассмотрим основные преимущества бондовых складов.

Во-первых, товары, находящиеся на таком складе, освобождаются от уплаты таможенных пошлин, налогов и акцизов в течение срока хранения. Следовательно, продавец не обязан производить соответствующие платежи сразу после ввоза товара в страну. Оплата производится, когда товар покидает складские помещения.

Виды бондовых складов

Вид	Характеристика
Склады временного хранения (тип А)	Хранения товаров, ввезенные на таможенную территорию страны в ожидании последующего использования или обработки с разрешения таможни
Бондовый склад общего пользования или публичные бондовые склады (тип В)	Владелец (администратор) создает помещение доступное для всех, кто желает хранить товары под контролем таможни. Данные склады обладают лицензией на депонирование товаров до уплаты таможенных пошлин
Частный бондовый склад (тип С)	Только владелец (администратор) склада может использовать его для хранения собственных товаров, либо товаров, хранящиеся от других лиц, но ответственность за товары остается за владельцем. Такой вид склада используются для определенных импортеров, на котором могут храниться только товары лицензированных поставщиков
Бондовые склады типа D и E	Также является частными, но хранить товары может только владелец (администратор), причем только свои собственные
Особая экономическая зона или свободная экономическая зона	Место представляющая собой географический район, нанесенный на карту и зарегистрированный. Также имеет такие названия как бондовые территории и парки бондовой логистики
Авиационные и судовые бондовые склады	Место, где размещаются незадекларированные, неисправные и непригодные для использования товары

Во-вторых, товары, размещенные на бондовом складе, доставляются быстрее, так как склады расположены очень близко к покупателям. Быстрые сроки доставки являются решающим фактором для продаж в интернет-магазинах. Являясь частью логистической инфраструктуры, бондовые склады позволяют значительно сократить цепочку поставок.

В-третьих, значительно упрощается документирование импорта или экспорта непроданных товаров из-за рубежа. Таможенная процедура экспорта товаров упрощена, поскольку фактически таможенное оформление импорта не проводилось.

В-четвертых, значительно снижаются риски продавцов. Если товары не могут быть преобразованы, они могут быть перевезены без уплаты соответствующих таможенных пошлин. Даже в случае нестабильной экономической ситуации (обменный курс, спрос и т.д.) продавец может быстро изменить цену.

В-пятых, значительно снижаются затраты на логистику. Транспортировка больших партий на складах снижает удельные транспортные расходы на единицу товара [3].

Бондовые склады также имеют недостатки, как для потребителей, так и для производителей.

Для потребителей основным недостатком является удорожание товаров, поскольку, в отличие от действующего упрощенного режима, когда товары освобождаются от таможенных пошлин частными лицами в пределах определенного веса и стоимости, все товары, продаваемые со склада, облагаются фиксированными таможенными пошлинами.

Для отечественных производителей бондовые склады могут значительно ухудшить условия эксплуатации, поскольку иностранные производители имеют преимущество с точки зрения скорости выполнения заказа и возможного снижения стоимости поставок товаров [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Задорожный С. Что такое «бондовый склад» и история их появления /С. Задорожный. – URL: <https://ecomhub.ru/what-is-a-bond-warehouse-or-bond> .
2. Мараховская А.А., Мажуга А.А., Федотова К.Ю., Щербаков П.О. Построение логистической цепи по доставке заказов клиентам платформ электронной коммерции железнодорожным транспортом. В сборнике: Новая экономика, бизнес и общество. Материалы Апрельской научно-практической конференции молодых учёных. Отв. редакторы В.В. Глотова, К.И. Феоктистова. Владивосток, 2021 С. 669-673
3. Лисюкова Е.В. Логистические решения оптимизации работы транспорта. Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 196-198.
4. Холмовский С.Г., Ким В.В. Бондовые склады как элемент логистической инфраструктуры электронной коммерции. В сборнике: ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКОНОМИКОЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ. сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции. Симферополь, 2022 С. 278-282.

УДК 658.7

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЛОГИСТИКЕ: ТРАНСПОРТНЫЕ КЕЙСЫ

Зюрина О.А., Гущина П.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Искусственный интеллект в логистике активно развивается путем проб и ошибок, но опыт зарубежных компаний свидетельствует об эффективности применения данной технологии. Современные тенденции развития бизнес-сферы диктуют условия необходимости вложений в инновационные технологии, в частности в технологии искусственного интеллекта, для сохранения конкурентоспособности в долгосрочном периоде.

Ключевые слова: искусственный интеллект, автономные транспортные средства, логистические цепи, городская логистика.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LOGISTICS: TRANSPORT CASES

Zyurina O.A., Gushchina P.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. Artificial intelligence in logistics is actively developing through trial and error, but the experience of foreign companies testifies to the effectiveness of this technology. Modern trends in the development of the business sphere dictate the conditions for the need to invest in innovative technologies, in particular in artificial intelligence technologies, in order to remain competitive in the long term.

Keywords: artificial intelligence, autonomous vehicles, supply chains, urban logistics.

Искусственный интеллект (ИИ) прочно «вошел» в жизнь потребителей и производителей любого уровня. Внедрение данной технологии наблюдается во всех сферах жизнедеятельности и производства: медицина, образование, транспорт, логистика, государственное и муниципальное управление. Применение ИИ кардинально меняет потребительское поведение, ускоряя процесс принятия решения о покупке, персонализируя предложения товаров и услуг, сокращая предполагаемый срок доставки, предоставляя возможность отслеживания перемещение товара в режиме реального времени. Меняется и производственная сфера, и транспортная отрасль по воздействию современных трендов, включающих применение ИИ. Логистическая отрасль, имеющая сетевой характер, является благодатной и плодотворной основой для внедрения и дальнейшего развития ИИ-проектов. Предприятие, отказывающиеся или сопротивляющиеся внедрению ИИ, рискуют потерять конкурентоспособность на современном рынке в долгосрочной перспективе.

Необходимость вложений в инновационные технологии, в частности в технологии искусственного интеллекта, обусловлены глобализацией товарных рынков, стремительным развитием электронной коммерции, ростом потребительского спроса, вызывающими изменения в транспортно-логистической деятельности, выражающимися в увеличении числа операций.

На современном этапе ИИ активно внедряется транспортными компаниями в сфере перевозок, складировании, персонифицировании клиентских сервисов, городской комфортной среды.

«Возможности искусственного интеллекта позволяют решать комплекс задач на основе технологий «нейронных сетей», «машинного обучения» и «глубокого (глубинного) изучения» [1]. «Умные» системы, воспроизводя человеческий прототип, анализируют влияющие на объект факторы, реагируют на изменения в его состоянии, а также принимают решения на основе собранных данных, повышая оперативность сотрудников компании.

На основе анализа транспортных кейсов, авторами были выделены основные современные направления применения искусственного интеллекта в логистике (табл. 1).

Современные направления применения технологии искусственного интеллекта в логистике

Кейсы/стартапы	Возможности
Resilience360 (компания DHL)	Управление рисками в цепях поставок для компаний-клиентов компании DHL на основе комплексного аудита безопасности транспортировки продукции, анализа появления потенциальных рисков в области финансов и репутации
Компания DHL	Технология прогнозирования задержек рейсов авиаперевозок на основе формирования прогноза среднего времени задержек, определения факторов, влияющих на время перевозки
Cainiao Network (Китай)	Оптимизация логистических процессов на основе интеграции ГИС и искусственного интеллекта для построения оптимальных маршрутов доставок в любую точку с учетом сложности территории. Определение оптимальной упаковки в соответствии с параметрами продукции. Мониторинг повреждений транспортных средств и товаров в процессе доставки
Цифровые двойники логистических цепей	Прогнозирование и предотвращение возможных проблем в цепи поставок, эффективное планирование
Голосовые ассистенты Pick-by-Voice	Складская логистика. Обеспечивает повышение оперативности, производительности сотрудника, точности сбора заказов, сокращение времени сбора заказов, увеличение пропускной способности склада
Driver assistant (Россия)	Полноценная система помощи водителю на основе трехмерного моделирования рельефа местности и виртуального рельса
NoTraffic (Израильский стартап)	Решение возможных дорожных проблем и обеспечение интеллектуальной мобильности на основе оцифровки управления дорожной инфраструктурой и связи водителей с городскими дорогами
Система розыска автомобилей – «Паутина»	Содействие в обеспечении правопорядка на улицах города, в предотвращении угона автомобилей и поиске пропавших, а также других преступлений
Стартап Intvo (США)	Обеспечение безопасности на дорогах при эксплуатации автономных транспортных средств на основе прогнозирования поведения пешеходов с учетом поведенческих особенностей и погодных условий
Стартап Udelv (США)	Организация поставок «последней мили» на основе интеграции технологии искусственного интеллекта и сверхскоростных телеопераций.
Стартап RevitsOne (Индия)	Система управления автопарком на основе искусственного интеллекта, включающая анализ технического состояния транспортных средств, показатели жизнедеятельности водителя, соблюдение безопасного режима вождения путем принудительного ограничения скорости
Стартап Apex AI (США)	Внедрение и эксплуатация автономных транспортных средств на базе модулей для построения трёхмерного восприятия, локализации и управления данными, передаваемыми из транспортного средства
Стартап Awayr (США)	Обеспечение безопасности дорожного движения при включении автономных транспортных средств на основе разработанных человеко-машинных интерфейсов для транспортных средств, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), роботов и вынужденного вмешательства водителя в управление автономным транспортным средством
Система Ctrl@Vision (Россия)	Система дистанционного управления поездом, позволяющая анализировать обнаруженные препятствия и действия машиниста, контролировать ситуацию на линии движения и действия
Cognitive Pilot (Россия)	Беспилотный городской электрический транспорт

В долгосрочной перспективе применение технологии ИИ позволит создавать новые виды транспорта, сокращать время реакции в опасных дорожных ситуациях, мгновенно реагировать на запрос клиента, персонализировать обращения клиентов, направляя их непосредственно необходимому специалисту. На дорогах города появятся автоматизированные транспортные средства, способные управлять автомобилем без участия водителя, моделирующие поведение человека.

По мнению Брэда Тэмплтона, основателя ClariNet, в долгосрочной перспективе ожидается массовая эксплуатация роботизированных машин [2] Транспорт будущего:

долгосрочный горизонт], повышающих безопасность дорожного движения и снижающих напряжённость транспортного трафика за счет уменьшения вероятности аварийных ситуаций. По словам эксперта, машины-роботы будут двигаться подобно «косяку рыб», огибая возможные препятствия. «Умные» автомобили будут снабжены системой анализа транспортной ситуации с помощью идентификации всех транспортных средств, объектов на дороге, включая пешеходов. Реакция таких машин-роботов на опасную ситуацию быстрее, чем у водителя, следовательно риск аварии значительно уменьшается. Существует много моментов, препятствующих данной перспективе. В первую очередь, это человеческий фактор. На современном этапе присутствует недоверие к таким транспортным средствам, что объясняется страхом перед господством машин над человеком. По данным исследований, на дорогах водитель и пешеход могут вести себя неадекватно, что вызывает сомнение в правильной реакции роботизированных автомобилей в таких ситуациях. Для нивелирования недоверия, предполагается на первом этапе выделение специальных полос для движения роботизированных машин, аналогично полосам для движения городского транспорта, затем «выпуск» данных транспортных средств в «массы». Предполагается, что развитие такие транспортные средства получат, в первую очередь в Сингапуре и Китае, а также в некоторых западных городах, отличающихся авторитарностью и относительной независимостью. С учетом бурно развивающейся концепции «Умных городов», можно предположить внедрение в эксплуатацию роботизированных машин в долгосрочной перспективе на улицах таких мегаполисов, как Москва, Санкт-Петербург, и других крупных городов, которые часто выступают в качестве экспериментальных полигонов.

Таким образом, ИИ позволит сформировать прогнозируемую модель логистики, которая позволит оптимизировать затраты, усовершенствовать взаимодействия элементов логистической цепи как внутри компании, так и за ее пределами, увеличивая доходность. Применении ИИ в городской логистике создает возможность создания наиболее комфортной городской среды при повышении уровня безопасности и наиболее полного удовлетворения запросов населения.

Очевидно, что ИИ дополняет человеческие способности, а также устраняет рутинную работу, что позволит сместить фокус сотрудников, занятых в логистике, на более важные, продуктивные задачи. Однако, активное применение технологии ИИ не является полноценной заменой человека в любой области деятельности. Данная технология кардинально ускоряет процесс принятия решения, позволяя в кратчайшие сроки провести анализ огромного количества информации. Но последнее слово в принятии решения все же за человеком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубнова Г.В., Левин Б.А. Цифровая логистика как инновационный механизм развития и эффективное функционирование транспортно-логистических систем и комплексов // Международный журнал Открытые информационные технологии ISSN: 2307-8162 vol. 5, №3. – 2017. – 73 с.
2. Транспорт будущего: долгосрочный горизонт – [Сообщество IT-специалистов]. URL:<https://habr.com/ru/company/itelma/blog/491816/> (дата обращения 02.01.2023)
3. Шаран К.Н. Искусственный интеллект в логистике. – [Электронный ресурс]. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-logistike>. (дата обращения 02.01.2023).

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОМ

Кизимиров М.В

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной статье автором приведен обзор инновационных технологий, применяемых в управлении транспортном терминально-логистическом центра. Рассмотрены передовые разработки, представленные в России и за рубежом.

Ключевые слова: транспортно-логистический центр, логистика, инновационные технологии, инновации, TMS.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE TRANSPORT MANAGEMENT SYSTEM

Kizimirov M.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. In this article, the author provides an overview of innovative technologies used in the management of the transport terminal and logistics center. The advanced developments presented in Russia and abroad are considered.

Keywords: transport and logistics center, logistics, innovative technologies, innovations, TMS.

Введение. Технологические достижения и разработки раздвинули границы и изменили способы ведения бизнеса. Цифровые технологии играют важную роль в ускорении роста и развития логистической отрасли. Передовые инновационные технологии не только помогают компаниям повышать производительность за счет улучшения цепочки поставок и снижения затрат, но и помогают клиентам доставлять продукцию прямо к порогу их дома. В настоящее время логистическая отрасль превратилась в конкурентную среду, в которой логистические компании изо всех сил пытаются занять лидирующие позиции. Компании, внедряющие передовые технологии и инновационные методы транспортировки, успешно сохраняют лидерство по сравнению с теми, кто по-прежнему использует автономные или традиционные методы. Поскольку в секторе логистики и транспорта уже реализовано множество улучшений, рассмотрим, как инновационные технологии могут помочь в дальнейшей трансформации отрасли логистики.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что логистика играет ключевую роль в повышении конкурентоспособности предприятия, снижения себестоимости доставки и в операционной эффективности.

Каждый год, компании различных размеров и отраслей борются за увеличение доли рынка. При этом каждая из них для решения этих задач должна ответить на два вопроса: «Как снизить транспортные расходы? Как оптимизировать деятельность по снабжению?»

В основе каждого успешного автотранспортного бизнеса лежит надежная и экономичная TMS система, которая контролирует планирование и выполнение перевозок, предоставляя конкретные решения в режиме реального времени. TMS (Transportation Management System) - программная система, которая помогает компаниям управлять логистикой, связанной с перемещением физических товаров. При этом сегмент программных продуктов TMS достаточно обширен и уже возникает проблема выбора одного продукта из множества существующих на этом быстро растущем рынке. Не смотря на это в целом можно сказать, что все производители гарантируют: удобное, надежное и современное программное обеспечение, которое обеспечивает исключительную функциональность связи между партнерами по поставке повышая эффективность графиков выставления счетов и аудита автотранспорта, а также современную защиту данных.

Система управления транспортом считается лучшим примером технологических инноваций в сфере логистики. Это программное обеспечение обновляется каждый год с расширенными функциями. Развитие облачных вычислений и программных услуг изменило способ работы логистических компаний. Используя эту технологию, логистические компании управляют и контролируют весь свой бизнес с минимальными вложениями. В ближайшие годы TMS будет оснащен множеством дополнительных функций и, как ожидается, достигнет новых высот модернизации.

На сегодняшний момент наиболее продвинутыми версиями TMS систем являются:

- Oracle E-Business Suite;
- IBM Sterling TMS;
- 1С: TMS Управление транспортной логистикой и перевозками.

Компания Oracle, потратила более восьми лет на совершенствование своего программного обеспечения для логистики и транспортировки и теперь предлагает наиболее полный портфель продуктов для управления цепочками поставок на рынке. Программный продукт предлагает ряд приложений для реализации цепочки создания ценности, достаточно широких для управления и оптимизации любого транспортного сценария. Приложение Oracle Transportation Management позволяет грузоотправителям и сторонним логистическим компаниям выполнять все этапы перевозки на каждом транспортном средстве. Приложение гарантирует более низкие эксплуатационные расходы, оптимальное использование активов, придерживаясь девиза «тесная интеграция, модульная реализация» при описании своего подхода к любому типу бизнеса или объему.

В 2010 году компания IBM приобрела Sterling Commerce. И теперь она является лидером в области управления заказами, транспортной логистики, B2B и выполнения поставок с помощью облачных технологий. Программный пакет IBM Sterling TMS планирует и выполняет входящие/исходящие транспортные структуры и автоматизирует весь процесс. Преимущества облачного формата включают меньшую физическую ИТ-инфраструктуру, повышенную доступность, снижение эксплуатационных расходов за счет улучшенной маршрутизации и видимости процессов доставки в режиме реального времени. Программа включает в себя: инструментальные средства планирования отгрузок и управления контрактами, оптимизацию отгрузок, планирование входящих перевозок и управление парком, а также порталы поставщиков/перевозчиков и приложения для аудита/платежей.

Рассматривая TMS системы нельзя обойти вниманием комплексное решение, которое предлагает Российская компания 1С – 1С:ТМС Логистика. Управление перевозками. Это программный продукт для решения задач по автоматизации транспортной логистики, который используется как система управления заказами. Программа позволяет автоматизировать доставку от источника производства до потребителя продукции или услуг, формируя при этом оптимальные маршруты. В программе есть функционал управления транспортом и ГЛОНАСС-мониторинг движущихся объектов (управление автотранспортом или непосредственно самим грузом).

Функционал системы охватывает весь спектр задач логистики и управления цепями поставок. Типовой функционал может быть настроен под потребности пользователей и адаптирован под задачи практически любой компании в зависимости от специфики и масштаба деятельности. Это позволяет максимально использовать возможности программы, повышая эффективность управления транспортными процессами.

Управление товарами, управление складом, управление топливом, управление персоналом, использование производственных мощностей и оптимизация маршрутов являются одними из наиболее важных модулей, которые возможно улучшить с помощью цифровых технологий.

Система TMS работает в сочетании с другим программным обеспечением как часть более широкой системы управления цепочками поставок, и большинство из них предлагает интеграцию в ERP и систему управления складом (WMS). Каждая указанная программная система выполняет определенную функцию; при интеграции они образуют цифровой штатив, поддерживающий сквозной процесс.

Сегодня расширенный функционал помогает оптимизировать маршруты и способы доставки, сократить время доставки, повысить эффективность использования топлива и прибыльность, а также адаптироваться к изменениям спроса на перевозки. По мере того, как генерируются все большие объемы данных, роль аналитики полученных данных становится еще более важной.

Такие технологии как искусственный интеллект, машинное обучение, также могут сделать системы TMS более эффективными. Современная система управления транспортом, обогащенная новыми технологиями, обеспечивает автоматизацию, понимание и интеллектуальные технологии, которые помогают компаниям, занимающимся доставкой товаров, процветать в эпоху цифровых технологий.

Системы TMS используются предприятиями, которым необходимо регулярно отгружать и получать товары. Вдохновленные пандемией, новые компании цифровой электронной коммерции дополнили ряды производителей, оптовиков, дистрибьюторов и розничных продавцов, ищущих способы быстрой, эффективной и экономичной доставки товаров. Программное обеспечение TMS может улучшить качество обслуживания конечных клиентов, упрощая отслеживание хода доставки и упрощая процесс выставления счетов и оплаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегии формирования и развития систем транспортно-логистических центров / В. А. Хайтбаев, А. П. Тяпухин, Е. В. Болгова [и др.]. – Самара: СамГУПС, 2019. – 207 с. – ISBN 978-5-98941-316-4. – EDN XYJSTD.
2. Кизимиров, М. В. Применение виртуальной реальности в логистических системах / М. В. Кизимиров, А. В. Астафьев, И. В. Серяпова // Логистика - евразийский мост : Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Красноярск, 24–29 апреля 2019 года. Том Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2019. – С. 133-135. – EDN ZELXJJ.
3. Бубнова Г.В., Левин Б.А. Цифровая логистика как инновационный механизм развития и эффективное функционирование транспортно-логистических систем и комплексов // Международный журнал Открытые информационные технологии ISSN: 2307-8162 vol. 5, №3. – 2017. – 73 с.
4. Транспорт будущего: долгосрочный горизонт – [Сообщество IT-специалистов]. URL:<https://habr.com/ru/company/itelma/blog/491816/> (дата обращения 02.01.2023)
5. Шаран К.Н. Искусственный интеллект в логистике. – [Электронный ресурс]. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-logistike>. (дата обращения 02.01.2023).

УДК 656.1

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛОГИСТИКЕ И УПРАВЛЕНИИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Кизимиров М.В., Щепеткова К.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. в данной статье проведен краткий обзор некоторых инновационных технологий, применяемых в сфере логистики и управлении цепями поставок. Авторами проанализирован опыт применения инновационных логистических решений, применяемых в России и за рубежом.

Ключевые слова: управление цепями поставок, логистика, инновационные технологии, инновации.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Kizimirov M.V., Shchepetkova K.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. this article provides a brief overview of some innovative technologies used in the field of logistics and supply chain management. The authors analyzed the experience of using innovative logistics solutions used in Russia and abroad.

Keywords: supply chain management, logistics, innovative technologies, innovations.

Введение. Бесперебойная работа цепей поставок требует постоянного улучшения логистики, что невозможно без использования современных инновационных решений. Инновации подразумевают под собой процесс, направленный на преобразование научно-технической деятельности, конечным результатом которого являются нововведения технологического или управленческого характера. Инновационная логистика является важнейшим элементом всей логистической деятельности. Она направлена на изучение потребностей и возможностей введения притока инноваций в текущую деятельность компаний с целью использования дополнительных резервов за счет оптимизации управления [1].

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что логистика играет ключевую роль в мировой экономике. В настоящее время логистической отрасли для устойчивого развития приходится адаптироваться к цифровой революции, которая происходит в мире. Цифровизация открывает новые возможности, среди которых расширенный спектр услуг, перестройка бизнес-моделей.

Инновации в логистической отрасли основаны на четырех основных концепциях, которые являются отправной точкой для разработки гибких логистических моделей и систем (табл. 1).

Таблица 1

Постулаты логистических концепций

1.	Концепция общих логистических издержек	Представляет собой анализ и мониторинг издержек для укрепления конкурентоспособности
2.	Концепция реинжиниринга бизнес-процессов	Данная концепция предусматривает осуществление изменений на предприятии с целью повышения эффективности производства и скорости реакции предприятия на изменения рынка
3.	Концепция интегрированной стратегии логистики	Предполагает объединение функциональных областей и их участников в рамках единой логистической системы в целях ее оптимизации
4.	Логистическая концепция «цепь поставок» (SCM)	Концепция SCM предназначена для автоматизации и управления всеми этапами снабжения предприятия и для контроля всего товародвижения на предприятии

Инновации в логистической отрасли – это инновации во всем интегрированном комплексе логистики. Они предусматривают дополнение существующих и разработку новых инструментов в области методического обеспечения логистики с целью улучшения документооборота и оптимизации процессов [2, 3].

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали одной из инноваций, используемых за рубежом. Они могут доставлять небольшие грузы на относительно небольшие расстояния. Данная технология не гарантирует сохранность грузов и поэтому не все компании готовы применять в своей работе БПЛА. Лидерами в применении БПЛА являются немецкая компания DHL и американская компания Amazon. Компании достаточно давно пользуются данной технологией и с помощью нее доставляют мелкие посылки внутри складских помещений фирм. Однако для более широкого применения данная инновационная разработка не готова. В России также предпринимались попытки по внедрению БПЛА, однако они завершились провалом. В 2018 году «Почта России» тестировала БПЛА стоимостью более 1 млн руб., но дрон разбился при первом тестовом полете. Данная технология имеет ряд преимуществ: исключение человеческого фактора, экологичность, мобильность. Но также имеет и недостатки: зависимость от погодных условий, дороговизна оборудования.

Следующей инновацией, позволяющей сократить расходы на упаковку, является полностью автоматизированная упаковочная машина. Впервые эту технологию применила французская компания Savoye в 2015 году. Упаковочная машина получила название «E-Jivago». Эта технология минимизирует затраты на упаковку и транспортировку, снижает трудозатраты. По данным британской компании Hallmark Cards, внедрение двух таких

упаковочных машин позволяет снизить транспортные расходы на 25%. Ее высокая производительность (14 коробок в минуту) при обработке 4000 коробок в день значительно снизила логистические затраты компании [4].

Одним из главных инновационных решений в России являются автоматизированные программы управления складом. Данная технология значительно сокращает время на погрузочно-разгрузочные операции, повышает эффективность использования складских площадей [5].

Еще одна технология, применяемая как в России, так и за рубежом – голосовое управление складскими операциями. Система Pick-by-Voice позволяет практически в полностью перенести взаимодействие с программным модулем управления работы персонала склада.

Таким образом, можно сделать вывод, что, внедряя инновации в логистические процессы, компании могут значительно сокращать издержки. Опыт применения инновационных технологий зарубежных стран показывает, что данные нововведения с такой же эффективностью могут использоваться и в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пустохина И., Афанасьева И., Чурилина В. Инновационные технологии в логистике и управлении цепями поставок: зарубежный опыт и возможности применения в российских компаниях // Логистика. – 2018. – № 9(142). – С. 48-51
2. Рубцова А. С. Проблемы и перспективы инновационных технологий для логистики и управление цепями поставок// Инновационный транспорт - 2016: специализация железных дорог: Материалы Международной научно-технической конференции, посвященная 60-летию основания Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург, 17 ноября 2016 года/Ответственный за выпуск С.В. Бушуев. – Екатеринбург: Уральский государственный университет путей сообщения, 2017
3. Зарипова Р.С., Рочева О.А., Хамидулина Ф.Р. Внедрение цифровых технологий как фактор повышения эффективности работы транспортно-логистических систем // International Journal of Advanced Studies. – 2021. – Т. 11. – № 2. – С. 100-114
4. Мураховская Н. В. Влияние современных информационных технологий на развитие логистической инфраструктуры// Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9. – № 9-1. – С. 80-86.
5. Щепеткова К. А., Кизимиров М.В. Оптимальный процесс переработки груза на складе// Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 36-39

УДК 658.5.011

МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Климова В.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Актуальность темы связана с осуществляемой политикой развития экономики регионов в инновационном направлении, в частности с развитием логистической инфраструктуры. В связи с этим в статье рассматриваются вопросы формирования и развития логистической инфраструктуры региона с использованием научных методов, применяемых в логистике, и выявляются наиболее оптимальные для использования в практической деятельности.

Ключевые слова: логистическая инфраструктура; методологическая база; транспортная и складская сеть; математические методы и модели; эффективность логистики; месторасположение объектов логистической инфраструктуры.

METHODOLOGY FOR SYSTEMIC DEVELOPMENT OF REGIONAL LOGISTICS INFRASTRUCTURE

Klimova V.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The relevance of the topic is related to the ongoing policy of developing the regional economy in an innovative direction, in particular, with the development of logistics infrastructure. In this regard, the article discusses the formation and development of the logistics infrastructure of the region using scientific methods used in logistics and identifies the most optimal ones for use in practice.

Keywords: logistics infrastructure; methodological base; transport and storage network; mathematical methods and models; logistics efficiency; location of logistics infrastructure facilities.

Размещение объектов логистической инфраструктуры, проектирование их сети имеет важное значение для экономики региона, их количество, размеры и расположение при эксплуатации в логистике, напрямую влияют на эффективность и конкурентоспособность производства. Проектирование инфраструктурных объектов региональной сети является сложнейшей важной задачей логистики, потому что эта сеть должна обеспечивать оптимальную доставку товаров к потребителям. Важность задачи связана с вопросами повышения эффективности управления не только материальными, но и финансовыми потоками, поэтому рассмотрение применения верно выбранных научных методов является актуальным.

Цель данного исследования – рассмотрение вопросов формирования и развития логистической инфраструктуры региона с использованием научных методов и стратегий размещения объектов данной инфраструктуры. В соответствии с целью, задачами явились: определение понятия «логистическая инфраструктура», рассмотрение традиционных методов управления, применяемых в логистике, выявление наиболее оптимальных специальных методов для использования при формировании и развитии логистической инфраструктуры региона.

Объектом исследования является логистическая инфраструктура, а предметом выступили методы, применяемые для ее развития. В работе применялись следующие методы исследования: синтез и анализ материалов, связанных с методологией развития логистической инфраструктуры и теоретическими наработками ученых в области управления логистической инфраструктурой; методы индукции и дедукции для определения наиболее значимых методов, определяющих наилучший результат; метод экономической статистики для выбора показателей и обоснования рекомендаций, направленных на их использование в практике управления логистической инфраструктурой; с помощью метода системного подхода были выявлены определяющие методы.

Понятие «логистическая инфраструктура» означает – «комплекс взаимосвязанных элементов, обеспечивающих функционирование системы закупок, поставок, хранения и доставки продукции до потребителя» [3]. Значимость непрерывно осуществляемой адаптации рассматриваемой инфраструктуры к изменениям спроса и предложения на рынке довольно высокая, ведь в быстро изменяющейся среде очень непостоянны потребности производства, ассортимент и условия поставок товаров. В соответствии с изменениями, постоянно менять места расположения инфраструктурных объектов логистики конечно невозможно, но существует множество возможностей и методов, применяемых для перемещения и реорганизации отдельных элементов инфраструктуры. Для выполнения этой задачи необходимо периодически проводить мониторинг объектов инфраструктуры, чтобы оценить целесообразность их функционирования в настоящих условиях. Выбор оптимального расположения инфраструктурной сети на наш взгляд является одним из важнейших конкурентных преимуществ любой компании и любого региона, развитие логистической инфраструктуры проблема не только производственных и торговых предприятий, но и логистических посредников, а эффективность логистики напрямую зависит от ее инфраструктуры.

В практической логистике применяются традиционные методы управления: планирование, организация, стимулирование, нормирование, контроль и пр., а в теоретической используются общенаучные методы: системный подход, анализ, синтез, моделирование и пр. Ввиду того, что логистика как наука имеет прикладную направленность, ее основой являются технологии выработки и принятия рациональных управленческих решений именно по логистическим проблемам, а значит, что их выработка должна происходить с помощью системного подхода, являющегося методологической основой логистики, который можно рассмотреть с двух точек зрения:

- с одной стороны, в макрологистике – это интеграция как можно большего числа объектов в единую систему, а в микрологистике – это координирование системы функционирования всех подразделений предприятия, от которых зависит движение материальных и информационных потоков;

- с другой стороны, это постоянный учет в управлении потоками по всем направлениям деятельности.

Методологической базой как теории, так и практики технологии принятия и реализации решений в логистике являются методы исследования операций. Данная наука занимается выработкой математических методов для нахождения оптимальных решений, но кроме нее в логистике широко используются математические методы и модели, с помощью которых готовится информация для принятия управленческих решений. Наиболее часто для этой цели применяются следующие математические методы:

- межотраслевые и межпродуктовые балансы: для согласования ресурсов и потребностей в логистическом процессе по его участникам;

- математического программирования: для оптимизации транспортных задач, размещения объектов, загрузки мощностей и транспорта, расхода материальных ресурсов и т.п.;

- управления запасами: для оптимизации запасов оборотных средств;

- корреляционно-регрессионного анализа: для анализа и нормирования ресурсов, материальных потоков, пропускной способности и т.д.;

- статистические методы прогнозирования: для определения прогноза спроса, ресурсных потребностей, поставок ресурсов;

- сетевого планирования и управления: для календарного планирования МТО, производства, отгрузки и транспортировки грузов;

- теории массового обслуживания: для оптимизации складских работ, вспомогательного и транспортного обслуживания.

В РФ формирование логистической инфраструктуры происходит отдельно по транспортной и складской сети, а расположение транспортно-логистических центров и их объем определяются исходя из имеющихся транспортных сетей и транзитного потенциала. Устранение этой проблемы повлияет на многие проекты и создаст комфортные условия для их реализации. В этом направлении предлагаем рассмотреть следующие теоретические методы и модели формирования логистической инфраструктуры:

- простые: с их помощью можно определять месторасположение сети и объектов логистической инфраструктуры. Наиболее широко применяемым на практике является метод Ардалана, являющийся эвристическим, он позволяет определить оптимальное месторасположение объектов в сети распределения с учетом влияния факторов [1];

- сложные: исследователями данного направления предложено разделение их на группы. К первой группе отнесены методы сетевого моделирования, основанные на формировании сети, где каждому узлу соответствуют определенные объекты, а дороги между объектами или распределительные каналы соответствуют ребрам сети [5]. Использование этих методов позволяет определять месторасположение и мощности основных объектов инфраструктуры. Но следует иметь ввиду и недостатки, к которым относится ограничение пространства узлами, а также если вариантов расположения объектов инфраструктуры много, то эффективность принимаемого решения низка. Вторая группа содержит методы и модели непрерывной оптимизации поиска оптимального расположения объектов. Наиболее

используемой является математическая модель А. Вебера, с ее помощью можно определить место расположения для одного – двух объектов при минимальных транспортных затратах, а также для транспортно-логистического центра или терминала, когда рассматривается складская схема поставок. Недостатком также является момент, связанный с большим количеством объектов, при использовании метода в данном случае оптимальное решение принять невозможно. К третьей группе относятся методы и модели математического программирования и дискретной оптимизации с помощью которых определяется оптимальное расположение объектов, учитывающее специальные ограничения и условия, при чем можно использовать точный или приближительный способ решения, а точный можно дополнять методами динамического программирования, ветвей и границ [5]. Когда имеется значительное количество объектов, определение их месторасположения возможно с помощью эвристических методов, позволяющих увидеть оптимальное расположение объектов за приемлемое время.

Таким образом, для системного развития логистической инфраструктуры региона необходимо применение научных методов и моделей чтобы правильно определять оптимальное количество и места расположения объектов в ней, а также учитывать ограничения. Грамотный подход дает возможность не только правильного учета использования различных типов носителей товаров, но и определять мощность основных объектов логистической инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ardalan A. An Efficient Heuristic for Service Facility Location // Proceedings, Northeast Decision Sciences Institute Conference, 1984. – P. 181-182.
2. Болгов С.А., Климова В.В., Болгова Е.В. Стратегические основы развития транспортно-логистических центров. Проблемы совершенствования организации производства и управления промышленными предприятиями: Межвузовский сборник научных трудов. 2019. № 2. С. 16-21.
3. Дмитриев А.В. Логистическая инфраструктура: Учебное пособие / А.В. Дмитриев. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2012. – 65 с.
4. Копылова О. А., Рахмангулов А. Н. Методика выбора мест размещения транспортно-логистических центров // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2011. – № 1. – С. 13-16.
5. Попов П. В., Мирецкий И. Ю. Методология построения логистической инфраструктуры на территории региона // Экономика региона. – 2019. – Т. 15, вып. 2. – С. 483-492.

УДК 656.09

ОБРАТНАЯ ЛОГИСТИКА КАК ОТВЕТСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЧНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ВЫШЕДШИХ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Кузнецова Е.Ю., Овсянников Д.А.

Екатеринбург, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Аннотация. На основе сравнения сути терминов «возвратная логистика» и «обратная логистика» проведено уточнение термина «обратная логистика» как канала товародвижения для реализации процесса утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств в результате достижения ими финального этапа жизненного цикла. Представлена структура реверсного канала «обратной логистики». Выявлены особенности обратной логистики по отношению к объекту исследования – транспортным средствам, вышедшим из эксплуатации. Предложены этапы создания утилизационной системы вышедших из эксплуатации транспортных средств, обозначены выгоды для граждан и общества как результат реализации данной системы.

Ключевые слова: обратная логистика, возвратная логистика, система утилизации, вышедшие из эксплуатации транспортные средства.

REVERSE LOGISTICS AS RESPONSIBLE ECO-FRIENDLY DISPOSAL OF DECOMMISSIONED VEHICLES

Kuznetsova E.Yu., Ovsyannikov D.A.

Ekaterinburg, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin

Abstract. Based on the comparison of the essence of the terms "return logistics" and "reverse logistics", the definition of the term "reverse logistics" as a channel of goods movement for the implementation of the process of disposal of decommissioned vehicles as a result of their achievement of the final stage of the life cycle is carried out. The structure of the reverse channel of "reverse logistics" is presented. The features of reverse logistics in relation to the object of research – vehicles out of service are revealed. The stages of creating a recycling system of decommissioned vehicles are proposed, the benefits for citizens and society as a result of the implementation of such a system are indicated.

Keywords: reverse logistics, return logistics, recycling system, decommissioned vehicles.

Введение. Современный период экономического развития характеризуется актуализацией «обратной логистики», и этот научно-практический подход приобретает особую значимость для транспортной отрасли. Фактом является то, что состояние многих транспортных единиц отечественного транспортного рынка подошло к критическому уровню, эксплуатация значительной их части ведется за пределами нормативного срока службы.

Согласно данным аналитического отчета «Транспорт России» [1], по состоянию на конец 2021 года в России насчитывалось порядка 50 млн. легковых автомобилей, почти 7 млн грузовых автомобилей и около миллиона единиц автобусов. За последнее десятилетие количество легковых автомобилей возросло на 15 млн. единиц, то есть на треть; число грузовых автомобилей увеличилось на 1,2 млн., в процентном отношении прирост составил 20 %. Официальный статистический сборник дает следующую картину по возрастной структуре автотранспортных средств: легковых автомобилей, находящихся в эксплуатации более 10 лет на дорогах страны – 44 %, автобусов – 41 %, грузовых автомобилей – 57 %.

Эксплуатация физически устаревших транспортных средств сказывается на безопасности перевозок, усиливает негативное влияние на окружающую среду, приводит к ухудшению функционирования транспортной системы региона и страны, поэтому обновление парка подвижного состава является важной задачей, стоящей перед отраслью. Решение такой задачи должно быть комплексным и состоять не только во введении в эксплуатацию новых транспортных единиц, но и выведении устаревших. Актуальность поставленной проблемы заключается в необходимости теоретических исследований, определения организационной схемы и методического обеспечения оценки деятельности системы утилизации транспортных средств, создаваемой в виде специальной инфраструктуры внутри отрасли. Первым актуальным шагом считаем разработку теоретико-методических положений обратной логистики, нацеленной на функционирование системы утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств.

Постановка задачи. Научной задачей является уточнение термина «обратная логистика» в приложении ее к транспортной отрасли и определение ее прикладных задач. Отдельной задачей является анализ проблем создания и внедрения в реальную практику системы обратной логистики для решения вопросов утилизации и рециклинга вышедших из эксплуатации транспортных средств.

Методы решения задачи. Использован аналитический метод, предполагающий анализ существующих подходов к пониманию терминов «возвратная логистика» и «обратная логистика». Применен метод создания и анализа структурной модели для выявления существенных различий обсуждаемых терминов.

Анализ полученных результатов. Анализ применения терминов «возвратная логистика» и «обратная логистика» в научной литературе позволил сделать вывод о том, что данные термины в большинстве случаев приравниваются (тракуются одинаково) [2–5].

В одном термине, как бы он не назывался, присутствует и идея обратного потока возвратных товаров, которые возвращаются продавцу (производителю), и идея обратного потока продукта, находящегося на последнем этапе своего жизненного цикла.

С нашей точки зрения, в бизнес-практике логистики существуют два принципиально различающихся логистических потока, за которыми и следует закрепить свои термины, что позволит обеспечить смысловую определенность.

Возврат товаров, а также тары и упаковки в сбытовых сетях определяется термином «возвратная логистика». Этому термину соответствуют разумные теоретические наработки, учитывающие особенности процесса управления возвратами (товаров, продукции, тары), включающий в себя все виды логистической деятельности, которая связана с движением материальных потоков в обратном направлении на склад поставщика или продавца и дальнейшего перераспределения материального потока [6, 7].

По отношению к задаче создания утилизационной системы вышедших из эксплуатации транспортных средств применим термин «обратная логистика», которая занимается логистическими потоками товаров, достигших последнего этапа своего жизненного цикла: для транспортных средств это – физическая изношенность транспортных средств, превышение допустимых концентраций выхлопных газов в силу солидного возраста транспортных средств, отсутствие возможности дальнейшей эксплуатации транспортных средств в результате его аварийного состояния. Следует отметить, что роль обратной логистики и значение для компании будут возрастать по мере усложнения технологий и продукции и необходимости повышения ресурсной эффективности производства во всей цепочке создания продукции, это относится к рынкам утилизации и к рынку вышедших из эксплуатации транспортных средств, и к рынку сложных бытовых и промышленных приборов, и вообще – к рынкам сложных технологичных продуктов.

Следует обратить внимание на отличительные особенности «возвратной логистики» и «обратной логистики». В случае анализа товародвижения в сбытовых сетях, возврат осуществляется по причине несоответствия поставленного товара заявленным характеристикам, повреждения или поломки товара в пути, отказа приобретения товара по личным причинам (не подошел размер, не понравился цвет, и т.д.). Обратная логистика «занимается» товаром по истечении срока службы. И для грузовых, и для легковых автомобилей срок службы не ограничен законодательно. Поэтому автомобиль становится объектом системы утилизации и обратной логистики как ее части только тогда, когда приходит в полную негодность к эксплуатации или попадает в аварию и не подлежит восстановлению, утрачивает свои потребительские качества. Отсюда следует, что для системы обратной логистики:

1) имеет место значительная временная отсрочка между поставкой/приобретением транспортного средства и возникновением момента его утилизации – как правило, не менее десяти лет;

2) множественное изменение собственника/пользователя транспортного средства. и, как следствие изменение места географического местоположения транспортного средства на момент возникновения спроса на услуги обратной логистики;

3) возврат не производителю/поставщику/продавцу, а специализированной структуре в связи с применением ею сложных технологий обработки «возврата».

Если в возвратной логистике канал прямой поставки может быть использован для возврата товара, то в обратной логистике обратный канал должен быть независимым (рис. 1, рис. 2).

Таким образом, обратная логистика представляет собой совершенно самостоятельную область деятельности и должна стать частью общей системы утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств.



Рис. 1. Прямой и реверсный канал «возвратной логистики»

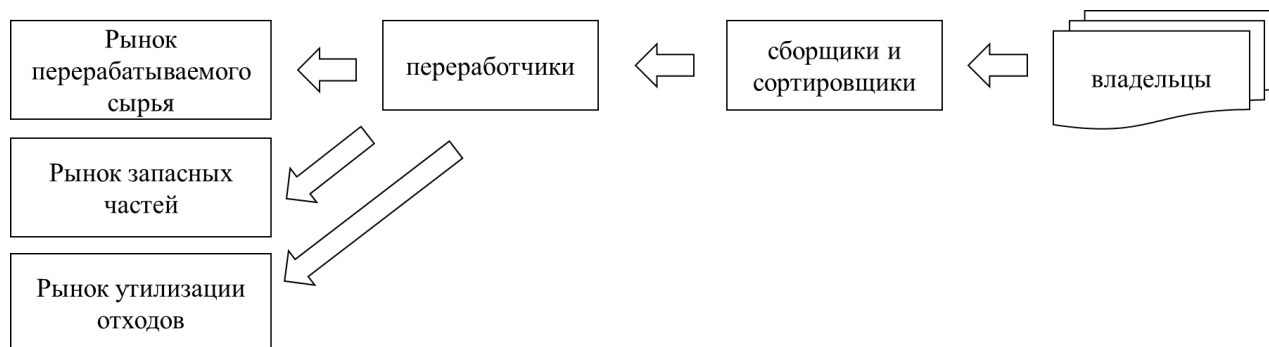


Рис. 2. Реверсный канал «обратной логистики»

Практическое применение результатов. Возвратной логистикой занимаются крупные производственные корпорации и сбытовые сети, это является их заботой и их задачей. Одной из важнейших задач таких структур является закрепление за собой имиджа «экологически ответственной компании», что повышает ее конкурентный статус и повышение конкурентоспособности ее продукции.

Что касается обратной логистики, то одна из первостепенных проблем заключается в том, что отсутствие официальной государственной политики может препятствовать ее эффективности. Таким образом, если система обратной логистики по отношению к вышедшим из эксплуатации транспортным средствам должна быть внедрена, это должно быть сделано после разработки и принятия официальной политики, иначе система обратной логистики обречена на полную неудачу. Очевидно, что создание системы предусматривает строительство специализированных технологических комплексов, способных перерабатывать разного рода материалы (железо, резину, ткани, пластик, отработанные масла, и др.), транспортные терминалы, сортировочные центры, что требует капитальных вложений. В политике должно быть четкое обозначение ответственного за утилизацию конкретного транспортного средства: фирма-производитель, или автодилер, или последний собственник, или др. Существенный вопрос – формирование и использование утилизационного сбора который существует в России с 2012 года, но по отношению к которому Счетная палата приняла решение о неэффективности его использования.

Следует отметить, что научно-методические разработки в этом направлении уже существуют – например, в рамках научной школы Уральского федерального университета помощью нахождения потенциала городов, адаптации гравитационной модели В.Рейли и использования графического метода были найдены города для наиболее рационального размещения недостающих центров по утилизации транспортных средств. Были проработаны варианты размещения утилизационных центров для легкового транспорта для территории Свердловской области [8]. В работе [9] подобная задача была решена для автомобильного легкового и городского транспорта на территории РФ. Сейчас ставится задача проработать концепцию обратной логистики для создания утилизационных центров для выходящих из эксплуатации грузовых транспортных средств.

Выводы. На наш взгляд, создание системы утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств на основе принципов обратной логистики неизбежно. Объективно

наступает время ответственного отношения к вторичным материальным ресурсам. Факторы, которые могут способствовать ускорению создания такой системы: неизбежное повышение тарифов на размещение отходов на полигонах и рост цен на первичные материальные ресурсы.

Представляется очевидным внедрение принципа обратной логистики на стадии проектирования: движение конструкторов -разработчиков новых моделей транспортных средств в сторону продуманной сборки автомобиля для упрощения разборки, создания конструктивных элементов транспортных средств из рециклинго-пригодных материалов.

Что даст гражданам и обществу обратная логистика, применяемая по отношению к транспортным средствам, утратившим свои потребительские свойства:

- экологизацию пространства жизнедеятельности;
- снижение уровня образования отходов;
- экономию первичных материальных ресурсов;
- пополнение вторичного рынка запчастей;
- получение экономической выгоды от рециклированных материальных ресурсов и вторичных рынков запчастей.

Какие шаги «обратной логистики» должны быть предприняты в первую очередь:

- разработана и утверждена государственная политика в области обращения с вышедшими из эксплуатации транспортными средствами;
- создана система утилизационных центров, способных аккумулировать, сортировать вышедшие из эксплуатации транспортные средства; перемещать и перерабатывать различного рода отходы;
- проработан вопрос об объеме требуемых мощностей и их размещении на территории РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспорт в России 2022: Стат. Сборник. Москва: Росстат, 2022. – 101 с.
2. Сергиенко О.И., Буряк И.В. Перспективы применения обратной логистики для утилизации бытовой техники в России //Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке. VII международная научно-техническая конференция. СПб: Издательство Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. Том 2 . 2015. - С. 366-369.
3. Зуева О.Н. Реверсивная логистика в управлении запасами// Известия ИГЭА. – 2009. – № 1. – С. 107 – 111.
4. Reese A. Meeting the reverse logistics challenge // Supply & Demand Chain Executive, 2005. Vol. 6, No. 4, pp. 44-48.
5. Richey G., Daugherty P.J., Genchev S.E. and Autry C.W. Reverse logistics: the impact of timing and resources // Journal of Business Logistic, 2004. 25(2), pp. 229 – 250 . DOI:10.1002/j.2158-1592.2004.tb00188.x
6. Клопова В.С. Развитие логистики и управления цепями поставок // Материалы II Международной научно-практической студенческой конференции в Белорусском национальном техническом университете (в рамках Международного молодежного форума«Креатив и инновации' 2021»). Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет. Минск: Издательство Белорусского национального технического университета, 2022. – С. 81-84.
7. Букринская, Э.М. Реверсивная логистика. СПб: СПбГУЭФ, 2010. – 79 с.
8. Markina A., Parshina V, Amosov N & Kuznetsova E. Optimization of Locating of Recycling Facilities for Vehicles in the Region. //Advances in Intelligent Systems and Computing. Volume 1115 AISC, 2020. – pp. 218-232 DOI: 10.1007/978-3-030-37916-2_23
9. Кузнецова Е.Ю., Амосов Н.А. Организация единой утилизационной системы для транспортных средств на территории России.// Вестник Уральского государственного университета путей сообщения 2022 , №2(54).- С. 93-107.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

Саадов Р.С., Алексашина О.В.

Москва, Московский политехнический университет

Аннотация. В данной статье приведена информация об автоматизированных программах в логистической деятельности, описаны программы для таких процессов, как управление и отслеживание транспорта, осуществляющего экспедиторские услуги, контроль представителей, которые предоставляют транспорт для логистических процессов, а также новшества, внедряемые на предприятиях.

Ключевые слова: транспорт, предприятие, логистика, экспедитор, услуги, маркетплейс, транспортная компания (ТК), транспортное средство (ТС).

AUTOMATED PROGRAMS FOR TRANSPORT LOGISTICS

Saadov R.S., Aleksashina O.V.

Moscow, Moscow Polytechnic University

Abstract. This article provides information about automated programs in logistics activities, describes programs for such processes as managing and tracking vehicles that provide forwarding services, monitoring representatives who provide vehicles for logistics processes, as well as innovations introduced at enterprises.

Keywords: transport, enterprise, logistics, forwarder, services, marketplace, transport company (TC), vehicle (TS).

Введение. В наше время все очень стремительно развивается и появляется слишком много новых вещей, подходов и средств. Благодаря всему этому организации и крупные компании разрабатывают подходы к своим бизнес-процессам, которые в дальнейшем помогают минимизировать затраты на те или иные задачи. Для получения качественного итогового результата компания должна анализировать все возможные процессы и разрабатывать стратегию улучшения или изменения процессов до такой степени, чтобы на получение качественного результата уходило наименьшее количество времени, и при этом был необходимый эффект от данных улучшений.

Проблемы с автоматизацией в логистике и их решения. Сегодня, если рассматривать крупные предприятия, очень стремительно развивается онлайн торговля [1]. В большинстве случаев компании выступают торговыми площадками, а не предприятиями, которые выпускают определенную вещь и доставляют ее к себе на склад и в магазины. В данном случае возникают сложные логистические процессы, так как маркетплейсы являются лишь посредником и не имеют запасов определенных товаров, которые пользуются спросом. В таких случаях покупатель ищет другого продавца и заказывает у него. Если рассматривать такие онлайн площадки как Озон, wildberries, Яндекс Маркет, Сбер Маркет, то они просто указывают срок доставки и развозят продукцию от продавца к клиенту. Зачастую из-за того, что продукт транспортируется на дальние расстояния, у компаний возникает вопрос: а собственно, успевают ли их продукт к клиенту? Для обеспечения должного качества и управления всеми процессами такие гиганты, которые были упомянуты, раньше прибегали к развитию собственных процессов по отслеживанию транспорта [2].

Изначально у компаний есть подрядчики, которые предоставляют транспорт. Для того чтобы компания могла иметь понимание, она прибегала к запросам у подрядчиков, где сейчас их транспорт. Зачастую это очень долгий и энергоемкий процесс. Для контроля транспорта подрядчики, как правило, используют автоматизированные системы отслеживания грузового транспорта. В перечень таких программ входят: wialon, mirap, 2gis, 1С: УАТ, Умная логистика, Сити-Доставка – из часто используемых программ среди транспортных компаний (ТК) [4]. Принцип работы данных программ заключается в отслеживании личного автопарка. На каждый транспорт устанавливает ГЕО-метка и ТК

видит свой автопарк на карте. Также они видят движение, скорость транспорта, температуру в кузове (для перевозок с температурным режимом) и маршрут со всеми остановками.

Как правило, попадают ТК с наемным автотранспортом. В таких случаях при запросе о местоположении транспорта приходится ждать, пока ТК запросит у подрядчика, где транспорт. Соответственно ожидание запросов сводится к 1–2 часам. В логистике такое время ожидания очень критично, плюс время отклика от подрядчиков очень долгое. Предоставить доступы к системам наблюдения за ТС, все ТК не могут, так как бывают оснащены не все ТС [3].

Со временем, чтобы уйти от подобных историй с ожиданием, компании разработали собственные программы по отслеживанию транспорта. Данные программы можно легко встретить в Яндекс Такси. Водитель перед началом работы должен обязательно авторизоваться в приложении на своем смартфоне. Далее компания, посредством GPS с телефона будет видеть весь путь водителя и его маршрут. Также такое внедрение позволяет видеть, где водитель совершил остановку и тем самым нарушил транзитное время, что в дальнейшем повлекло просрочку продукта. Данное понимание позволяет накладывать штрафные санкции на подрядчиков и компенсировать срыв доставки до клиента. Также благодаря внедрённым приложениям компания может видеть, сколько товара находится в транспорте и насколько критична будет его задержка. Помимо отслеживания автопарка у маркетплейсов создается собственная база данных, где хранятся все водители, прошедшие регистрацию и заступившие на рейс. Тем самым грузоотправитель имеет базу предоставленного транспорта от перевозчиков, со всеми данными по водителям, их местоположение и успевают ли они в рейс. Такие данные интегрированы на склад, где КПП видит, кто к ним должен приехать и во сколько, что позволяет пропускать водителей сразу же на территорию склада и ставить их на погрузку. Это минимизирует временные затраты на запросы складов. Имея всю необходимую информацию, остается только контролировать рейсы и решать непредвиденные ситуации с отсутствием транспорта.

Вывод. В наше время крупные корпорации создают целые IT-отделы для решения логистических задач. Зачастую это помогает решить очень много важных проблем. Таким образом, команда программистов работает вместе с отделом по логистике, создаются новые продукты для решения наболевших проблем. Иногда даже неудачные проекты в дальнейшем находят потребность в использовании и развивают нововведения.

В итоге данная автоматизация заменяет многие трудоемкие процессы и уменьшает затраты на них, в связи с чем компания может экономить и внедрять новые инновации, которые будут приносить больше прибыли. Благодаря решению и автоматизации процессов транспортировки крупные компании могут решить проблемы со сборкой и погрузкой товаров, уменьшить временные затраты на складах и разгрузить рабочий состав. Модернизация складских помещений и решение проблемы с нехваткой рабочего состава на складе в большинстве случаев позволила бы сократить получение продукта от продавца к клиенту. На сегодня это остается одной из проблем, которая находится в доработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление качеством логистического сервиса // <https://moluch.ru/conf/econ/archive/294/13912/>
2. Управление качеством в логистических системах // <https://moluch.ru/conf/econ/archive/263/13201/>
3. Автоматизированные системы обработки информации и управления на автомобильном транспорте // https://otherreferats.allbest.ru/programming/00674740_0.html
4. 4. Топ – 7 программ для транспортной логистики в 2022 году // <https://vc.ru/transport/346047-top-7-programm-dlya-transportnoy-logistiki-v-2022-godu>

ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ЗАДАЧИ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛЬЮ СПОСОБСТВУЮЩИЕ РАЗВИТИЮ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Салахов Т.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. оптимизация процессов на железнодорожном транспорте. Цифровизация. Перевозочный процесс с применением цифровых технологий.

Ключевые слова. цифровизация, движение поездов, управление движением, железнодорожная инфраструктура.

THE FUNDAMENTAL TASKS FACING THE RAILWAY INDUSTRY CONTRIBUTING TO THE DEVELOPMENT OF TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION

Salakhov T.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: optimization of processes in railway transport. Digitalization. Transportation process using digital technologies.

Keywords: digitalization, train traffic, traffic management, railway infrastructure.

Приоритетом является максимальное упрощение всеми процессами на железной дороге, в том числе и управление движением, а в свою очередь достижение этой цели невозможно воплотить без использования современных цифровых технологий. Развитые современные цифровые технологии создают условия для совершенно иного подхода в развитии ОАО «РЖД».

Автоматизация полная или частичная на сети Российских железных дорог, это следствие внедрения цифровизации, подразумевающая автономность многих систем управления движением поездов, а также интеллектуальную интеграцию подвижных составов, пользователей и инфраструктурных технических средств. Стоит отметить синергию эффекта от внедрения этих технологий в жизнь железнодорожного транспорта (рис. 1).



Рис. 1. Интеграция цифровизации в перевозочный процесс железнодорожной отрасли

Наиболее важными аспектами конкурентоспособности и обеспечения безопасности движения поездов на сети Российских железных дорог цифровизация должна охватывать 3 основных пункта при организации перевозочного процесса: организацию перевозок, технические инфраструктурные средства и подвижной состав.

Основные мероприятия по внедрению цифровых технологий на сеть железных дорог направлены на автоматизированное управление всеми процессами перевозок и информатизацию.

Важно организовать развитие цифровизации и автоматизации в рамках определенных мер:

1. Разработка и внедрение единой системы управления.
2. Выстроить, основываясь на желания клиентов и удовлетворения их потребностей, систему управления железнодорожными перевозками.
3. Обеспечение равных возможностей доступа к инфраструктуре всех перевозчиков для обеспечения конкуренции в сфере железнодорожных перевозок, в свою очередь это возможно за счет публикации информации в общественный доступ о перечне услуг.
4. Автоматический ответ на вопросы клиентов, а также автоматизация коммуникаций между различными подразделениями железнодорожного транспорта.
5. Максимальное использование электронного документооборота.
6. Разработка и внедрение автоматической системы слежения за перемещением вагонов и контейнеров в режиме онлайн.
7. Разработка и внедрение системы предусматривающую защиту хакерских атак.

Еще одним важным вектором развития современной железнодорожной отрасли в области применения новых цифровых технологий является модернизация локомотивов посредством концепции «умный поезд». Необходимость этого появилась ввиду того, что подвижные составы включены в общую систему автоматизированного управления, выступающие объектом управления. Реализация концепции «умный поезд» указан на рисунке 2.

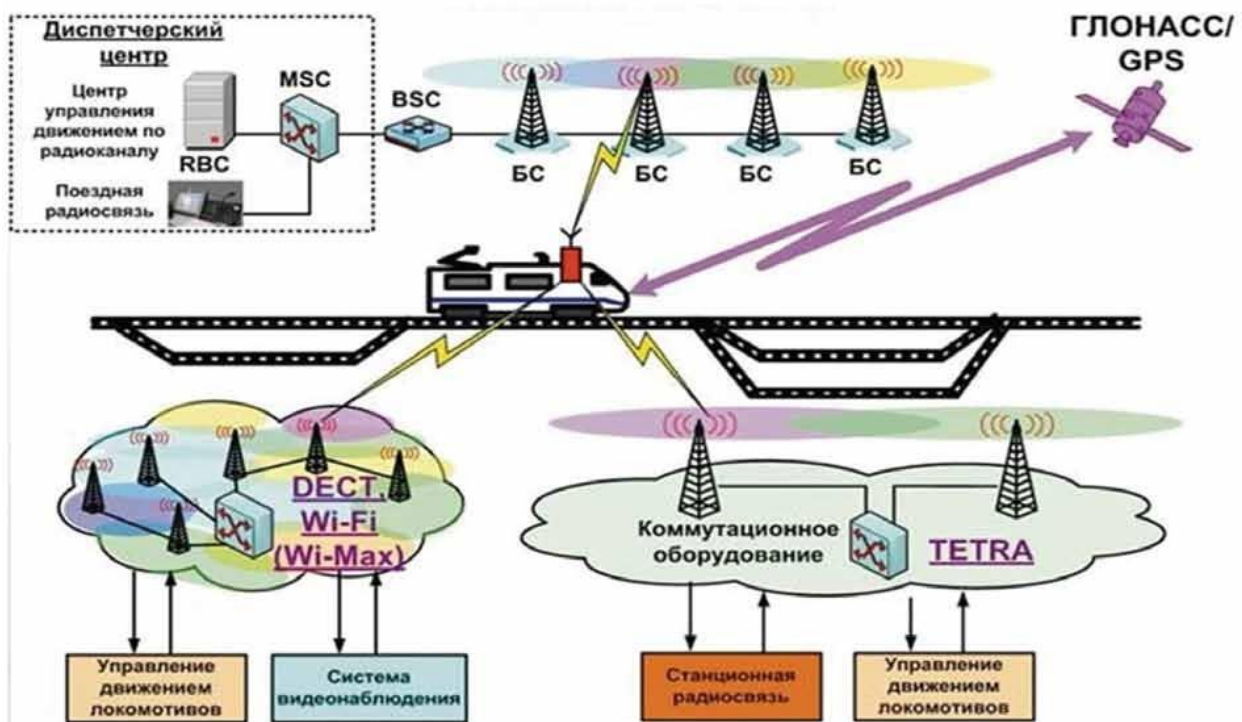


Рис. 2. Концепция «умный поезд»

Для внедрения цифровизации подвижного состава нужно обеспечить:

- внедрение микропроцессорной системы управления подвижным составом;

- внедрение системы автоматизация главных составляющих процесса железнодорожного движения;
- создание и применение наиболее эффективной рекуперационной системы электрической энергии в контактную сеть;
- применение адаптивных систем управления дизель-генераторной установки.

Помимо отмеченных принципов, автоматизация управления поездом, т.е. без участия бригады машинистов. Одновременно важно предусмотреть характеристики локомотивов, которые бы могли обеспечить использование в рамках управления ими передовых IT технологий.

Наблюдение за стремительным развитием человечества и в частности отрасли железнодорожного транспорта, дает возможность установить высокую степень значимости цифровизации, влекущую за собой повышение конкуренции в сфере пассажиро- и грузопревозок. Именно применение современных технологий позволит значимо повысить провозную и пропускную способность железной дороги, а также улучшить качество оказания услуг при этом сократить эксплуатационные расходы, что влечет за собой предложение еще более выгодных тарифов при увеличении эффективности функционирования железнодорожного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левин Б.А. Цифровая железная дорога: принципы и технологии / Б. А. Левин, В. Я. Цветков // Мир трансп. – 2018. – Т. 16. № 3. – С. 50–61.
2. Ефанов Д.В. Концепция современных систем управления на основе информационных технологий / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // Автоном., связь, информ. – 2018. – № 5. – С. 20–23.
3. СП. 238.132.6000.2015. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования. М: Минтранс России 2015.
4. Ашпиз Е.С. (под ред.) Железнодорожный путь, 2021 г., 576 с

УДК 338.001

МЕТОДЫ ФОРСАЙТА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Серяпова И.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье рассмотрены методы форсайта, такие как метод Делфи, сценарирование, технологические карты. Исследован зарубежный и отечественный опыт применения данного метода в различных отраслях, а также применение микро-форсайта для оптимизации работы сортировочной станции.

Ключевые слова: форсайт, микро-форсайт, прогнозирование, планирование, экспертные оценки, сортировочная станция.

FORESIGHT METHODS AND POSSIBILITIES OF ITS APPLICATION

Seryapova I.V.

Samara, Samara State University of Railway Transport

Abstract. The article discusses foresight methods, such as the Delphi method, staging, technological maps. The foreign and domestic experience of using this method in various industries, as well as the use of micro-foresight to optimize the operation of the marshalling yard, is investigated

Keywords: foresight, micro-foresight, forecasting, planning, expert assessments, marshalling yard.

Форсайт – это не только прогнозирование, но планирование и предвидение развития событий в будущем. Форсайт-проекты могут иметь разный уровень либо международный, либо региональный, либо корпоративный.

Выделяют 3 цикла изменений целей Форсайта.

1 цикл – технологический, в случае определения его как средства оценки научных и технологических достижений, приводящих к экономическому и социальному развитию.

2 цикл – рыночная ориентация.

3 цикл – социально-экономический.

В дальнейшем первый цикл прекратил свое существование. Использование форсайта вызвано возрастающей конкуренцией, сокращением государственного бюджетирования, повышением научной и технологической компетенций. Все это необходимо для оптимизации качества принятия решений, регулирования выборки технологий, предвидения различных направлений развития будущего, улучшения процесса обучения [1].

Существует несколько методов проведения форсайта. Одним из них является метод Делфи (Delphi), который был разработан в Соединенных Штатах (Rand Corporation) в начале пятидесятых годов, представляет собой детализацию совместной коммуникации предназначенной для повышения эффективности работы коллектива, объединенного решением общей задачи. Происходит сбор анонимных оценок экспертов относительно следствий и тенденций событий, относящихся к решаемым вопросам. В конечном итоге, благодаря полученным ответам, возможно скорректировать решения, исключая воздействие экспертов друг на друга.

Вторым методом является сценарирование (Scenarios), то есть представляет собой различные итоги в сюжетном развитии событий при изменении нескольких факторов либо параметров. Различают два вида сценариев: исследовательский и нормативный.

Существует и процесс комбинирования сценариев, таким образом, учитываются различные факторы, параметры, используются статистические методы, методы сравнения и противопоставления одновременно. При создании сценариев возникают определенные сложности восприятие как единственно возможного либо воспринимать как однозначно соответствующего реальности. Не создавать более четырех вариантов развития событий, иначе возникнут сложности с восприятием.

Технологические карты (Technology Road mapping), позволяющие визуально представить сценарий, зафиксированный критическими точкам [2]. Данный метод позволит заблаговременно приспособиться к изменениям. «Технологический пакет» представляет собой комплексность нескольких технологий, то есть системой, развивающейся как одно целое [3].

Рассмотрим применение форсайта на примере некоторых стран. В Японии он предусмотрен каждые пять лет и период прогнозирования не менее тридцати лет. Заказчиком выступает государство, а исполнителем Национальный институт по научной и технологической политике [4]. Японский форсайт – это технологический форсайт и сводится к усреднению компромиссного уровня.

Отличие австрийского форсайта заключается в распознавании инновационного потенциала, позволяющего определить для Австрии первостепенные значения в будущем за счет технологических и научных инноваций [5]. Заказчиком выступает государство, исполнителем – Институт оценки технологи Академии наук.

Программа форсайта в Швеции поддержана не только государством и бизнесом, но и негосударственными организациями. Исключительность их метода заключается в организации «секций» по интересам участников. Создано 8 секций, рабочие группы, управляющие комитеты, консультативные подразделения. Большая часть инвесторов – это частные инвестиции.

В конце девяностых годов прошлого столетия форсайт-проект был запущен в Великобритании. Использовался метод Делфи и создано 16 секций. Первый этап, главным образом, был направлен на перспективу развития технологий. На втором этапе возникла обеспокоенность социальными проблемами. Создано семь секций и период рассмотрения до 20 года нынешнего столетия. На третьем этапе встала задача перспектив развития образования и науки.

В начале двухтысячных годов перед Канадским правительством встала задача национального развития при отставании по экономическим показателям от КНР и Индии. И в 2005 году был запущен форсайт-проект «Обновление», бюджет которого составил пол миллиона у.е. Канады. Организация и руководство проектом было организовано правительством. Проект состоит из четырех этапов, два уже выполнены. Он состояли из исследования внешней среды и определения долгосрочного направления развития. Необходимо разработать стратегию по развитию и ее внедрению. Для выполнения требуется время.

Существует и отечественный опыт применения форсайта, в частности, региональный в Иркутской области, которому характерна специфичность конкретного региона [6]. В Башкирии форсайт-проект использовался для определения перспективных векторов развития науки и технологий в сочетании со SWOT-анализом, работой фокус-группы. В результате был выработан план по формированию мероприятий, ведущих к перспективному развитию экономических и социальных ресурсов.

В рамках концепции микро-форсайта возможно его применение в управлении сортировочной станцией (СС), которая, как элемент логистической системы неотделима от терминалов, а как бизнес-единица подчинена как экономическим, так и социальным законам.[6] В конкретном случае возможно применение комбинированного сценария. Цель – обеспечение повышения эффективности функционирования СС, выявления приоритетных факторов. Первостепенно надо выделить факторы, которые могут значительно увеличить эффективность работы; во-вторых – определить факторы негативного влияния, а затем выделить обстоятельства, позволяющие создать и внедрить нововведения, увеличивающие эффективность работы СС [7].

Рассмотрим существенные факторы простоя вагона на станции, причины простоя и организационные меры для снижения непроизводительных потерь СС. К факторам можно отнести: накопление вагонов на состав поезда, время ожидания на расформирование и перестановки вагонов, обработку в парках приема/отправления, прибытия и отправления. Причинами могут быть: неравномерность прибытия составов, занятость путей, технологические «окна», нарушения графика движения, нехватка работников, техническое состояние локомотивного парка и нарушения в диспетчерском управлении. Необходимо провести следующие меры по оптимизации работы СС: строго выполнять график движения, автоматизировать сортировочные процессы и движения маневровых локомотивов, создать систему электронного документооборота, ввести пункт технического осмотра локомотивов на станции, оптимизировать диспетчерское обслуживание [8]. Используя метод анализа иерархий, были выделены и ранжированы факторы, оказывающие влияние на приоритет продвижения конкретного вагона: сроки доставки – 0,21, востребованность – 0,18; наличие опасного груза – 0,16 [9].

Можно сделать вывод, что методология форсайта находит все более широкий спектр применения как в области решения глобальных проблем, касающихся окружающей среды, природных ресурсов, так и в области технических наук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крюков С.В. Форсайт: от прогноза к формированию будущего// <https://cyberleninka.ru/article/n/forsayt-ot-prognoza-k-formirovaniyu-buduschego>
2. Clayton, A. Technology Roadmapping for Developing Countries. Vienna: UNIDO, 2005.
3. Технологические пакеты: краткое описание // <http://foresight-russia.ru/portal/faces/public/info/view?global:metaId=3583>.
4. Денисов Ю.Д. В Японии смотрят сквозь «Дельфи» // Форсайт. 2007. № 1(1).
5. Из выступлений на семинаре по теме «Возможно ли использование инструмента технологического форсайттинга в России?» // <http://stra.teg.ru/library/global/Prognoz/foresight/11>.
6. Куренков П.В., Нехаев М.А., Мойсевич Н.В. Применение форсайт-технологий в управлении транспортным комплексом // Вестник транспорта.- 2012.- № 3.- С.36-44
7. Куренков П.В., Нехаев М.А. Логистический аспект применения форсайт-технологий к управлению сортировочными станциями // Логистика: современные тенденции развития: материалы XII Междунар. научно-практич. конференции, 16-17 апреля 2012 г., Санкт-Петербург / СПб.: ИНЖЭКОН, 2008.- С.175-177.

8. Куренков П.В., Нехаев М.А. Социально-экономический аспект применения форсайт-технологий к развитию сортировочных станций // Бюллетень транспортной информации.- 2012.- №3 (203).- С.23-26.

9. Нехаев М.А. Применение метода анализа иерархий в экспертной оценке значимости факторов в цепочке событий функционирования сортировочной станции // Вестник транспорта.- 2012.- № 4.- С.31-41.

УДК 519.23

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АНАЛИЗА ДАННЫХ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Фаюстов А. А., Одинокое С. А.

Москва, Московский авиационный институт

Аннотация. В статье рассматривается вопрос повышения эффективности транспортных систем на основе системы объективного анализа данных в условиях применения инструментов бережливого производства с использованием математического моделирования и оценки затрат.

Ключевые слова: качество, анализ затрат, логистика, управление, система менеджмента качества, математическое моделирование, бережливое производство, транспортные системы.

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR ANALYSIS OF THE DATA OF LEAN PRODUCTION IN THE FIELD OF TRANSPORT SYSTEMS

Fayustov A. A., Odinokov S. A.

Moscow, Moscow Aviation Institute

Abstract. The article deals with the issue of improving the efficiency of transport systems based on an objective data analysis system with lean production tools, mathematical modeling and cost estimation.

Keywords: quality, quality cost, logistics, management, quality management system, mathematical modeling, lean manufacturing, transport systems.

Принципы бережливого производства (БП) все чаще на практике поддерживаются применением более крупных и сложных наборов данных, мощных ИТ-инфраструктур и использованием передовых аналитических протоколов. Методы и инструменты науки о данных не только осуществляют практику БП, но и предлагают модели управления, которые направлены на внедрение типовых этапов улучшения на основе цикла «планирование – проверка – действие». При дальнейшем развертывании методов реализация анализа данных может выявить узкие места, негибкость и несоответствия в основных и вспомогательных процессах, обеспечивая их более высокую эффективность и надежность. Впоследствии эти преимущества могут распространиться на связанные с этим операции, включая контроль качества, управление ресурсами, маркетинг и т.д.

Учитывая, что основной задачей инструментов БП являются устранение потерь и снижение затрат, то в первую очередь необходимо научиться их грамотно определять и фиксировать. Накладные расходы по сбыту часто относят к расходам логистической и маркетинговой подсистем. На отдельных предприятиях логистическая подсистема часто заключается только в закупке и транспортировке продукции, и, следовательно, расценивается только как центр постоянных затрат. Но, грамотная логистика играет существенную роль, в том числе и с точки зрения осуществления бесперебойного производства. Подсистема логистики должна охватывать также менеджмент поставки ресурсов, складирование, переработку грузов, упаковку, транспортировку товаров и прочее.

Компании, у которых основная стратегия производства является выталкивание попадают под риск потерь перепроизводства готовой продукции, если не имеют проработанную систему управления цепочками поставок. Они вынуждены увеличивать транспортные

расходы для излишков, что приводит к издержкам по утилизации и обратной логистике непроданных товаров, к потерям репутации перед контрагентами.

Влияние внедрения бережливого производства на расходы при транспортировании достаточно ощутимо. Уменьшение расходов через снижение скорости износа влияет, например, на такие элементы группы затрат как расходные материалы для ТО транспорта, горюче-смазочные материалы для транспорта; оптимизация движения транспорта влияет также на объем горюче-смазочных материалов, на затраты на электроэнергию, страхование или аренду транспорта [4].

Предлагаемая в работе система может позволить решить проблему измеримости эффективности внедрения, а также анализа данных для увеличения стабильности технических, технологических и логистических процессов, подконтрольных инструментам бережливого производства. Система анализа данных в бережливом производстве является симбиозом системы внедрения (инструменты бережливого производства и современных информационных технологий) и системы управления затратами (анализом затрат на качество и модели стоимости процесса). Данная система состоит из 4 подсистем: сбор данных, расчеты и аналитика, анализ и вывод, визуализация. Каждая подсистема включает в себя инструменты Бережливого производства и поддержку программного обеспечения (рис. 1).

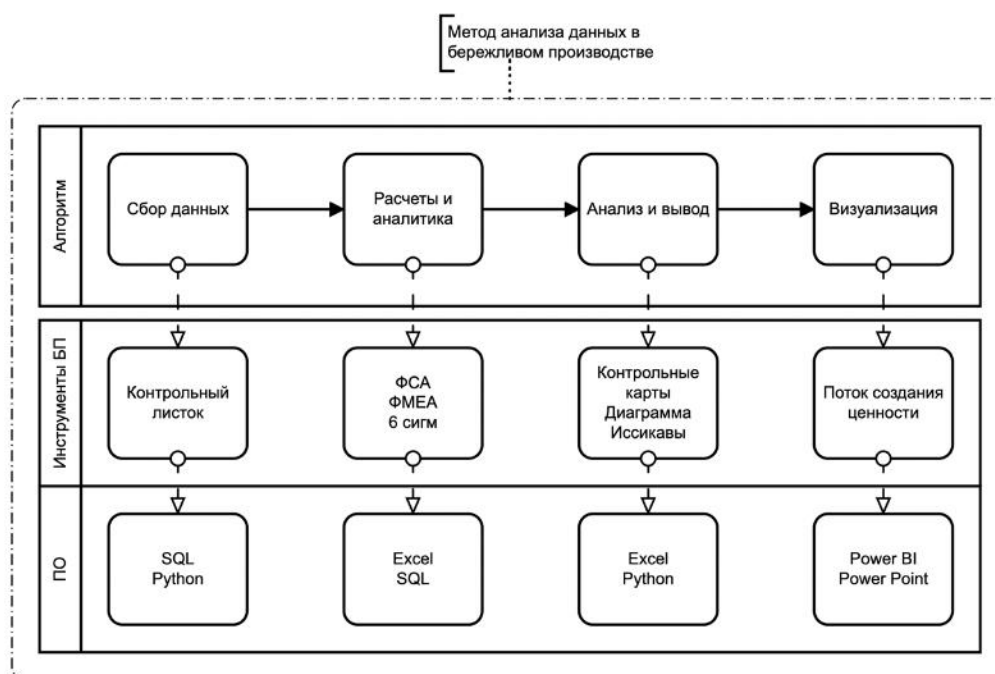


Рис. 1. Система анализа данных в бережливом производстве

Подсистемы решают следующие задачи:

- Подсистема сбора данных решает задачи сбора информации о значениях физических параметров, полученных от датчиков, установленных на объекте исследования, сбора информации из различных отчетов, а также предварительную обработку, накопление информации и её передачу.
- Подсистема расчетов и аналитики решает задачи вычисления параметров технического устройства исходя из заданных (требуемых характеристик) и стандартов. Предсказания поведения технических устройств, исходя из известных физических законов.
- Подсистема анализа и выводов решает задачи нахождения логического итога рассуждения, исследования, заключения.
- Подсистема визуализации решает задачи представления исходной информации и результатов анализа данных в наиболее удобной для восприятия и интерпретации форме.

Краткий сценарий функционирования системы выглядит следующим образом.

Сбор данных процессов и параметров оборудования определяется посредством контрольного листа, СУБД SQL и Python.

Далее происходит расчет и аналитика собранных данных, например, аппроксимация и регрессия коррелирующих параметров и потерь БП, например, зависимость избыточного расхода топлива от остановки на различных неотрегулированных дросселях транспортного потока.

Затем анализ с помощью инструментов бережливого производства: диаграммы Исикавы для выявления причин отказов, функционально стоимостного анализа (ФСА) и анализ видов и последствий отказов (ФМЕА).

Далее визуализация всего алгоритма и выводов: древовидная диаграмма, диаграмма Парето, диаграмма размаха(boxplot). Boxplot построенная в программе Minitab позволяет более точно анализировать, например, данные задержек доставки грузов с помощью межквантильного диапазона, менее восприимчивого к влиянию выбросов (2–3 квартиль отделяют наименьшие 25 % и наибольшие 25 % данных) [6].

На рисунке 2 указана предварительная функциональная схема с подсистемами и связями со внешней средой.

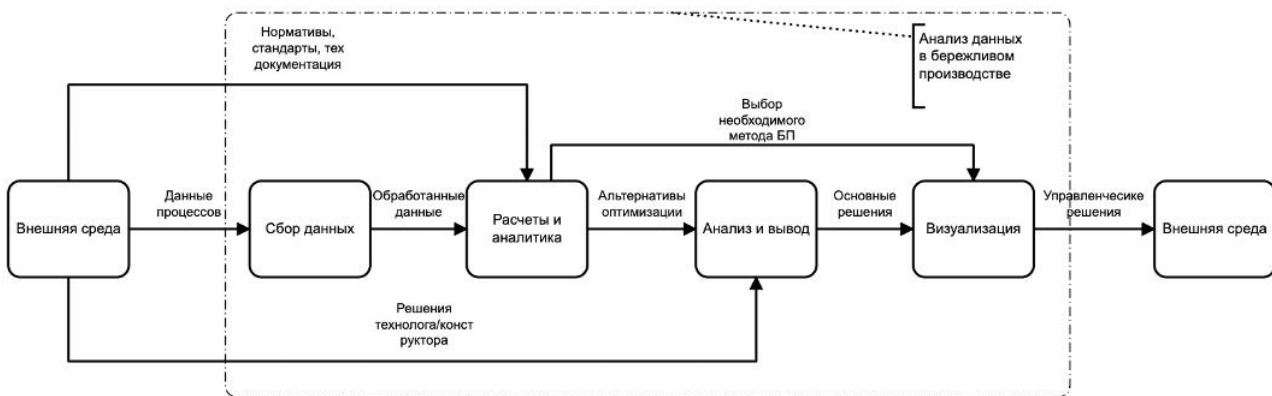


Рис. 2. Функциональная схема системы анализа данных в БП

Для примера рассмотрим подсистему расчета и аналитики. Необходимо отметить, что одним из базисов эффективности предприятия, является использование системы менеджмента качества, которая предполагает наличие менеджмента ресурсов (пункт 7. ГОСТ Р 9001–2015) [1]. Для анализа данных ресурсов может помочь математическое моделирование, определяющее оптимальный план транспортировки по критерию минимизации себестоимости. Например, для перевозки грузов по 5 маршрутам грузовая компания располагает 4 типами грузовых автомобилей с вместимостью 30, 12, 20 и 7 тонн соответственно, а потребность в перевозке груза по маршрутам за сезон составляет соответственно 360, 960, 700, 400, 650 тонн. Парк грузовиков каждого типа составляет 35, 70, 65 и 80 единиц соответственно. Затратами на ресурсы у транспортного предприятия являются эксплуатационные расходы грузовика определенного типа по определенному маршруту. Для определения оптимальной стратегии плана решаются задачи линейного программирования. Эксплуатационные расходы грузовиков по маршрутам представлены в таблице 1.

Функция «поиск решений» выдает режим использования определенного плана перевозки грузов. Отчет о результатах дает нам информацию о целевой функции и зависимости компонентов от заданных ограничений. В окончательных значениях ячеек переменных указано оптимальное количество грузовиков. В ячейках ограничений указано максимальное значение количества груза за сезон по определенному маршруту. Отчет об устойчивости содержит множитель Лагранжа, который показывает, зависимость снижения затрат от смены маршрута. Ячейка целевой функции указывает на минимальное значение себестоимости. В ячейках переменных указано как может быть достигнуто минимальное значение функции, т.е. в окончательных значениях указан оптимальный план задачи. В ограничениях указано их воздействие на результат: привязка – значит данное ограничение влияет на полученный план [2].

Эксплуатационные расходы грузовиков по маршрутам

Тип транспортного средства	Эксплуатационные затраты (на 1 рейс)				
	1 маршрут	2 маршрут	3 маршрут	4 маршрут	5 маршрут
1	295	240	190	205	375
2	125	290	310	300	220
3	270	280	140	250	200
4	138	250	320	97	152
	Оптимальное количество грузовиков				
	1	2	3	4	5
1	0	0	2	11	22
2	0	0	53	7	0
3	18	47	0	0	0
4	0	0	0	0	0
	Затраты				
	1	2	3	4	5
1	97	79	371	2198	8125
2	0	5	16571	1959	0
3	4726	13299	0	0	0
4	0	0	0	0	0
	Затраты грузовиков	Вместимость	Наличие		
1	35	30	35		
2	60	12	70		
3	65	20	65		
4	0	7	80	Себестоимость	160

На личной практике можно привести кейс расчета метрики «товарозапасодня» свежих продуктов в распределительных центрах в компании «X5 Group», включающую в себя сеть магазинов «Пятёрочка», супермаркетов «Перекресток». Отдел управления сводной отчетности совместно с департаментом логистики проводил расчеты относительно затрат на каждый дополнительный день товарозапасов. В среднем товарозапасов хватало на 30 дней. Данная метрика указывает, что при отмене поставок от всех контрагентов – при текущем спросе сеть сможет продавать свежие продукты 30 дней. Анализом данных через аппроксимацию и регрессионный анализ было выявлено, что стоимость одного товарозапасодня 300 миллионов рублей. В эту сумму входили как затраты на дополнительные паллеты для хранения, электроэнергию помещений, так и стоимость топлива для транспортировок дополнительных свежих продуктов. Управленческое решение было таковым: снизить до 28 дней товарозапасов свежих продуктов, что принесло компании дополнительные 600 миллионов рублей, которые были адаптированы на другие нужды компании [5].

Практика показала, что руководству следует играть активную роль в информировании и поиске групп по анализу данных. Необходимо помнить что, бережливое управление и стратегия больших данных является инструментом постоянного совершенствования, а не средством одноразового быстрого решения. Благодаря новым возможностям, которые предоставляют большие данные и бережливое управление, предприятия могут и должны обеспечить повышенное качество и постоянно снижать потери, в том числе и транспортные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования / М.: Стандартинформ, 2015.
2. Дэвид Шпигельхалтер. Искусство статистики. Как находить ответы в данных / «Манн, Иванов и Фербер», 2021. – 450с.
3. М.С. Кузьмина, Б.Ж. Акимова Управление затратами предприятия/ КНОРУС, 2015. – 320 с.
4. Зайцев А.А. Оценка влияния концепции бережливого производства на финансово-экономические показатели инновационного предприятия / Издательство Креативная экономика, 2017.

5. Официальный сайт X5 Retail Group [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://x5.ru/ru/> (дата обращения: 11.01.2023)

6. Инес Цветслут. Анализ данных в инструменте 6 сигм. [Электронный ресурс] Амстердамская бизнес-школа. Режим доступа: <https://www.coursera.org/learn/data-analytics-for-lean-six-sigma/home/info> / (дата обращения: 24.12.2022)

УДК 338.28

РАЦИОНАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОВАРОДВИЖЕНИЯ

Хайтбаев В.А.¹, Дорошев С.С.²

¹Самарский государственный университет путей сообщения

²Вольский институт материального обеспечения

Аннотация. В статье показана зависимость эффективности товародвижения от используемых способов их организации. В качестве предложения повышения эффективности товародвижения авторами предложен принцип пространственности размещения производительных сил обеспечивающий интеграцию и взаимодействие участников цепи поставок, находящихся на разных территориях в зависимости от технико-экономической и ресурсной целесообразности их дислокации. Принцип позволяет получить дополнительные источники повышения эффективности перемещения грузов на основе уменьшения затрат на логистические функции и операции.

Ключевые слова: эффективность, пространственность, интеграция, системный эффект, принцип, цепи поставок.

RATIONAL DISTRIBUTION OF PRODUCTIVE FORCES AS A WAY TO INCREASE THE EFFICIENCY OF GOODS DISTRIBUTION

Khaitbaev V.A.¹, Doroshev S.S.²

¹Samara State Transport University

²Volsky Institute of Material Support

Abstract. The article shows the dependence of the efficiency of product distribution on the methods of their organization used. As a proposal to increase the efficiency of commodity circulation, the authors proposed the principle of spatial distribution of productive forces, which ensures the integration and interaction of supply chain participants located in different territories, depending on the technical, economic and resource feasibility of their deployment. The principle allows obtaining additional sources of increasing the efficiency of cargo movement based on reducing the costs of logistics functions and operations.

Keywords: efficiency, spatiality, integration, system effect, principle, supply chains.

Введение. Одной из самых существенных причин низкой эффективности экономической деятельности является низкий уровень интеграции субъектов и процессов. Для логистики это является ключевым препятствиям и поэтому не выполнение требований заказчиков следует анализировать с препятствий, возникающих при слабой интеграции субъектов в цепи поставок. В этом контексте большое значение приобретает пространственные характеристики цепи поставок.

Основными препятствиями внутренней интеграции считаются: различия организационных структур; различные системы оценки результатов деятельности предприятий; применяемая политика управления запасами; недостаточное использование информационных технологий; сложившейся в цепи поставок систем обмена информацией и знаниями.

Очевидно, что интеграция объектов и процессов в цепях поставок, требуют от специалистов более широких взглядов, не ограниченных проблемами внутренней интеграции указанными выше. Для эффективного взаимодействия нужны значительные изменения традиционных межфункциональных связей, но с учетом принципа пространственности размещения субъектов цепи поставок. Поэтому традиционные системы

оценки результатов искажают параметры достигнутых целей, поскольку не учитывают затраты на преодоление наиболее значимых барьеров интеграции в цепях поставок.

В этой связи управление хозяйственными связями и взаимоотношениями внутри логистической цепи должно учитывать характеристики пространства. Следовательно, всякая логистическая стратегия представляет собой программу с описанием необходимых ресурсов, выделенных для операций материально-технического обеспечения, производства и физического распределения, где должны быть указаны: количество, типы и местоположение производительных сил; специализация каждого субъекта хозяйствования; идеология и методы закупок; способы транспортировки; методы грузопереработки; основные методы обработки заказов; организационная структура, обеспечивающая координацию логистических функций и операций.

Результаты исследования. Управление цепями поставок находится под влиянием указанных препятствий, которые приводят к дополнительным затратам. Вместе с тем особенности управления товародвижением позволяют выявить наиболее существенные факторы и определить возможные источники повышения эффективности логистической цепи, к которым можно отнести (табл. 1) [1].

Таблица 1

Источники эффективности цепи поставок

	Источники эффективности	Характеристика получаемого эффекта
1	Управление материалопотоками в реальном времени	Использование информационного обмена для увеличения точности прогнозови соответственно сокращения страховых запасов и увеличения их оборачиваемости
1.1	Отсрочка операций (производственных и логистических)	Уменьшение риска, связанного с погрешностью прогнозирования. Принятие решений о производстве или размещении запасов в момент получения заказа
1.2	Консолидация (по целевому рынку, по графику и т.п.)	Экономия возникающей при полной загрузке транспортных средств и перевозки на большие расстояния
2	Подбор логистических стратегий	Выбор стратегии позволяет распределить ресурсы и сформировать структуру распределения для обеспечения экономии за счёт масштабов деятельности
2.1	Подбор операционной структуры	Выбор одной из нескольких операционных структур или их комбинация (эшелонированная, прямая, гибкая и т.п.)
3	Системная интеграция	Долгосрочное, устойчивое развитие на основе укрепления внутренних связей
4	Методы управления логистикой в реальном времени	Методы: «точно-в-срок», KANBAN, точка заказа, «реактивные» методы
5	Преимущества оптимального размещения логистических мощностей	Рациональное размещение ЗЛС образуют пространственную конфигурацию логистических мощностей возникает экономия на транспортировке и на запасах
5.1	Преимущества от размещения складов (преимущества в сервисе, снижении затрат, увеличение объёма продаж и рыночной доли)	а) Размещение вблизи рынков сбыта (экономия на транспортировке при консолидированных отправлениях, дешёвый способ пополнения запасов, повышается уровень сервиса); б) Размещение вблизи производства (при недостаточном спросе уменьшаются потери при хранении и транспортировке вблизи потребителя); в) Промежуточное размещение (преимуществ а) и б)
5.2	Возникающая экономия на транспорте от преимуществ размещения складов	Условия для минимизации транспортных расходов является обоснование наличия складов в ЛС при соблюдении условия: $\sum \frac{P_{гп} + P_{тр}}{N_{от}} + P_{сх} + P_{мот} \leq \sum P'_{гп} + P'_{тр}$ где $P_{гп}$ – расходы на грузопереработку консолидированной отправки; $P_{тр}$ – расходы на транспортировку консолидированной отправки; $N_{от}$ – число средних отправок в консолидированной отправки; $P_{сх}$ – расходы на складское хранение средней отправки; $P_{мот}$ – расходы на местную доставку средней отправки; $P'_{гп}$ – расходы на грузопереработку средней отправки; $P'_{тр}$ – транспортные расходы на прямую

	Источники эффективности	Характеристика получаемого эффекта
		доставку средней отправки
5.3	Преимущества от экономии на запасах	При расширении рынков сбыта увеличивается количество складов и уменьшается время цикла исполнения заказа, что приводит к уменьшению запасов в пути и соответственно уровня страховых запасов, а также уменьшение неопределённости обслуживания также уменьшает страховые запасы. Однако при этом увеличиваются общие объёмы запасов в ЛС, но увеличение происходит убывающими темпами
6	Преимущества от наличия единого информационного пространства	Позволит повысить уровень сервиса, уменьшить цикл исполнения заказов и тем самым сократить время и увеличить оборачиваемость запасов, снизив при этом общие логистические издержки

В соответствии с принципом пространственности следует обратить внимание на п. 5 таблицы, который является важным фактором распределительных отношений. Не достаточный учет указанного принципа приводит к серьезным проблемам материалодвижения в цепях поставок, который усиливает энтропийный кризис, приводящий к «потерям» финансов и материалов. Для пространственного размещения цепей поставок энтропийный кризис имеет принципиальное значение, поскольку финансирование потребностей ограничено бюджетом и получение максимального экономического эффекта от каждого полученного рубля становится задачей определяющей уровень реализации заказа.

Несмотря на значительное количество исследований в экономической науке, сегодня недостаточно разработанными являются вопросы, связанные с пространственной организацией товародвижения в плоскости устойчивого развития территорий и государственных институтов [2–5]. Особого внимания при управлении цепями поставок заслуживает методология оптимального размещения производственно-логистических мощностей. Эта методология находит отражение в различных теориях пространственного развития территорий описанных в трудах таких авторов как: И. Тюнен, В. Кристаллер, В.Лаундхарт, А. Вебер, А. Леш, М. Фуджит, Т. Мори, П. Кругман, Е. Борджес, Х. Хойт, Ч. Харрис, Е. Ульман, Ф.Перру, Г.Мюрдаль, А.Хиршман, П. Потье и др.

Анализ работ указанных авторов показывает, что теории пространственного развития, влияющие на формирования цепей поставок должны способствовать: формированию зоны экономически рационального обслуживания потребителей на определенной территории; обеспечению баланса эффективности функционирования объектов товаропроводящей системы и доступности товарных потоков для конечных потребителей определенного региона; развитию товаропроводящих систем через создание «полюсов роста», путем привлечения на территорию лидеров-операторов транспортно-логистического рынка и «диффузию нововведений» на остальную территорию, где работают другие операторы.

Вместе с тем проблемы рационального размещения производительных сил с учетом принципа территориальности и организации пространственного распределения товарных потоков должны быть обеспечены аналитическим инструментарием, обеспечивающим расчет технико-экономических величин транспортно-логистических процессов по обеспечению потребителей требуемой номенклатурой товаров [6–8] (табл. 2).

Выводы. Таким образом, анализ таблиц 1 и 2 показывает, что возможности повышения эффективности пространственного распределения грузопотоков в цепях поставок обеспечивается использованием соответствующих моделей расчета их параметров.

Исследование реализуемых и планируемых товаропроводящих систем часто показывает, что принимаемые решения не основываются на применения многокритериальной научной методологии проектирования, а за основу принятия решений выбираются ограниченное число критериев отражающие в основном стоимость реализации проекта, где принцип пространственности не является ключевым. Между тем очевидно, что именно характеристики пространственного размещения производительных сил в первую очередь определяют планирование и организация процессов распределения товарных потоков.

Модели расчета параметров пространственного распределения товарных потоков*

Модель	Характеристика	Применение для пространственного распределения потоков	Ограничения при использовании
Модели прогнозирования величин параметров товаропроводящих систем	Позволяют формировать планы по распределению товаропотоков с выделением необходимых ресурсов для их реализации	Целесообразно применение моделей	Неопределенность в выделении прогнозируемых объемов ресурсов, что приводит к срывам реализации планов
Модели расчета количества ТЛЦ в товаропроводящей системе	Позволяют рассчитать обоснованное количество ТЛЦ, минимизирующее логистические затраты	Целесообразно применение моделей	Противоречия возникающее между результатами и затратами
Модели расчета местоположения ТЛЦ	Позволяют рассчитать точку размещения ТЛЦ обеспечивающую уменьшение транспортных и инфраструктурных затрат	Целесообразно применение моделей	Рассчитанное местоположение ТЛЦ часто не соответствует ряду критериев по обязательным условиям пространственного распределения
Модели сетевого планирования и теория графов	Сетевые графики позволяют планировать последовательность действий при проектировании систем ТЛЦ.	Целесообразно применение моделей	Сформированный сетевой график малочувствителен к случайным изменениям потребности в ресурсах
Модели определения потенциальных зон распределения товаропотоков	Модель позволяет определять зоны тяготения потребителей к ТЛЦ	Целесообразно применение моделей	Не всегда задача обеспечения экономической эффективности будет приоритетной в сравнении с задачей развития территорий
Теория массового обслуживания	Модель позволяет осуществить рациональный выбор структуры системы обслуживания и процесса обслуживания	Целесообразно применение моделей	Применение целесообразно
Модели расчета технологических зон склада	Модели позволяют рационально распределять грузопотоки внутри склада	Целесообразно применение моделей	Существенных ограничений нет
IT-технологии моделирования товаропроводящих систем	Позволяют связать воедино всю деятельность в цепи поставок от снабжения до конечного распределения	Целесообразно применение моделей	Существенных ограничений нет
Модели управления транспортировкой грузов	Модели позволяют управлять транспортировкой в рамках единой платформы, объединяющей различных участников	Целесообразно применение моделей	Существенных ограничений нет

* составлено автором

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бауэрсокс Доналд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика интегрированная цепь поставок. 2-е изд. М.: ЗАО Олимп-Бизнес, 2008 г. - 640 с. Пер. с англ.
2. Луцкая Н. В. Аутсорсинг: уровни предоставляемых услуг и модели взаимодействия сторон // Компетентность.-2016.- 2.-С. 28-34.
3. Львов, Д. С. Методология оценки эффективности общественного производства. М.: Б.И., 1984.-348 с.

4. Региональные транспортные консолидирующие центры-опорные узлы системы международных транспортных коридоров. Под общ. Редакцией Архангельского С.В. Изд-во Самарского науч. центра РАН. Самара, 2004.
5. Мишин В.М. Исследование систем управления. Изд-во ЮНИТИ. М.: 2005.
6. Просветов Г.И. Математические методы в логистике.-М.: Альфа- Пресс, 2008, -303 с.
7. Резников Б.А. Системный анализ и методы системотехники. Часть 1. Методология системных исследований. Моделирование сложных систем. - М: МО, 1990. -522 с.
8. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами. СПб.: Питер, -2001.-384 с.

УДК 339.173 (075.8)

АНАЛИЗ ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЛОГИСТИКУ СКЛАДИРОВАНИЯ

Щепеткова К.А., Веселова Ю.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. в статье рассмотрены проблемы внедрения беспилотных летательных аппаратов на складские комплексы, а также их применение как способ оптимизации логистических бизнес-процессов компаний.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, дрон, складская логистика, инновации, автоматизация.

ANALYSIS OF THE EXPERIENCE OF THE INTRODUCTION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE LOGISTICS OF WAREHOUSING

Shchepetkova K.A., Veselova Yu.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The article discusses the problems of introducing unmanned aerial vehicles to warehouse complexes, as well as their use as a way to optimize logistics business processes of companies.

Keywords: unmanned aerial vehicles, drone, warehouse logistics, innovation, automation.

Введение. В настоящее время беспилотные летательные аппараты находят свое применение в различных сферах человеческой жизнедеятельности. Появляются новые разработки, расширяется сфера применения беспилотных летательных аппаратов. Данные нововведения применяются в том числе и в складской логистике. К концу 2022 года ожидаются высокие темпы роста рынка беспилотных летательных аппаратов. Предполагается, что капитализация рынка достигнет 22,15\$ млрд. Логистические компании отмечают трудности с привлечением квалифицированных рабочих на складские комплексы. Высокие требования к обслуживанию клиентов обусловлены необходимостью поиска путей повышения эффективности складских операций. Одной из современных технологий, применяемой на складских комплексах, является внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – дронов.

Актуальность данной научной работы обусловлена тем, что затраты на складские операции составляют около 30 % от общих затрат компании на логистику. Внедрение беспилотных летательных аппаратов значительно повысит эффективность логистических операций на складах.

Эффективно автоматизировать складские комплексы с помощью дронов позволяют новые технологии сканирования, штрих-коды, технологии радиочастотной идентификации (RFID) и искусственный интеллект. Беспилотный летательный аппарат – это робот, которым управляет человек дистанционно, либо с помощью встроенного оборудования, который работает совместно с бортовыми датчиками и системами GPS.

В последнее время дроны все чаще используются в складских комплексах. Они, в свою очередь, стали играть центральную роль в автоматизации склада. Это связано с появлением эффективных алгоритмов и программ, позволяющих реализовать программные приложения для дронов [1].

В логистике складирования выделяют следующие модели беспилотных летательных аппаратов (табл. 1):

Таблица 1

Технологические характеристики моделей БПЛА

Самолетный дрон	
Вертолетный дрон	<ul style="list-style-type: none"> - трикоптер, имеющий 3 винта - квадрокоптер, имеющий 4 винта - гексакоптер, имеющий 6 винтов - октокоптер, имеющий 8 винтов

По весу и времени нахождения дрона в воздухе можно выделить 4 группы (таблица 2):

Таблица 2

Технологические характеристики дронов по весу и времени нахождения в воздухе

Микродрон	Имеет вес менее 10 кг. Может находиться в воздухе до 1 часа
Минидрон	Весит до 5 кг. Нахождения в режиме полета до 5 часов
Средний дрон	Имеет все около 1 тонны, может находиться в воздухе до 15 часов
Тяжелый дрон	Вес данного дрона превышает 1 тонну. Находиться в воздухе такой дрон способен более 24 часов

Дроны имеют ряд преимуществ, среди которых: экономия времени на складских операциях; обслуживание труднодоступных складских пространств; более быстрая и точная идентификация данных и оперативная их передача в систему управления складом; видео и фотосъемка складского пространства с высоты.

Несмотря на вышеперечисленные преимущества использования беспилотных летательных аппаратов существуют препятствия для внедрения их в складские бизнес-процессы. Из сложностей внедрения дронов на складские комплексы можно выделить следующие недостатки: возможность потери GPS-сигнала внутри закрытого склада; высокая стоимость данной технологии; низкая грузоподъемность; непригодность складских площадей для использования дронов.

Наиболее сложной задачей при использовании дрона на складских хозяйствах является задача навигации дрона в замкнутом пространстве склада. Навигацию дрона в замкнутом пространстве позволяют алгоритмы, которые в свою очередь работают на основе машинного зрения. Инновационным методом ориентации дрона в замкнутом пространстве является метод SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Данный метод применяется беспилотными летательными аппаратами с целью их перемещения в незнакомом пространстве с применением параллельной фиксации положения дрона в данном пространстве. Сегодня метод SLAM опережает множество применяемых технологий пространственной ориентации. Благодаря методу SLAM, точность навигации дрона достигает 5 см [2].

В настоящее время компания Vtrus разрабатывает модульные блоки ABI, которые позволяют дронам лучше и качественнее распознавать окружающие объекты. Данная технология является высокоточной навигацией, применяемой в складских комплексах. Она применяет камеру, которая обеспечивает обзор местности на 360 градусов. Камера позволяет достичь максимальную точность навигации беспилотного летательного аппарата [4].

Компания PINK InventAIRy производит более инновационные дроны, оснащенные камерой. Технологии компании также основаны на системе визуализации, используемой вышеупомянутой компанией Vtrus. Программное обеспечение беспилотных летательных

аппаратов данной компании способно уже более тщательно просматривать, предоставляя данные в виде фото и видеоматериалов о качестве упаковки грузов и возможных повреждениях товара.

Компании, производящие дроны, объединяют дроны с AGV (Automated Guided Vehicle), чтобы повысить точность определения местоположения и увеличить время полета. Привязные дроны подключаются к наземному транспортному средству кабелем, что обеспечивает зарядку дрона, что, в свою очередь, увеличивает время его работы с 30 минут до 4 часов. Однако использование привязных дронов снижает их маневренность и затрудняет перемещение по складам.

Передовой российской компанией, которая занимается разработкой дронов, приспособленных к полетам внутри помещений является компания Fast Sense. Дроны отечественной компании способны преодолевать расстояния в замкнутом помещении (складе) без вмешательства человека. Избежать столкновений со стеллажами и полками дронам помогает специализированное программное обеспечение и машинное зрение. За время полета дрон считывает маркировку с точностью до 99%, сканирует любой штрихкод. Отчет дрона формирует информацию о местонахождении поддонов, целостности упаковки и наличии свободных палето-местах. Затем эта информация интегрируется в систему управления складом WMS. Фото и видео материалы также прилагаются к отчету. Скорость дрона – до 1000 палето-мест за 15 минут [3, 5].

При оценке возможности использования беспилотных летательных аппаратов в стенах складских комплексов необходимо учитывать потенциальную экономию затрат, влияние на удовлетворенность сотрудников и клиентов, вероятное повышение безопасности и точность выполнения операций. Исходя из этих факторов, по мнению многих исследователей, сегодня дроны становятся одной из самых перспективных технологий автоматизации складских бизнес-процессов.

Внедрение дронов на складские комплексы позволит сэкономить время по выполнению операций на складе, обслужить наиболее труднодоступные участки склада, предоставить сотрудникам информацию о хранимых товарах и местах их хранения. Использование дронов позволит повысить эффективность множества складских операций, таких как инвентаризация, перемещение товаров внутри склада, проведение проверки складских помещений с высоты, информируя о свободных местах на стеллажах. Также дроны могут использоваться для регулярных маршрутов наблюдения за территорией склада с целью предотвращения краж или пожара. Эффективность работы дрона достигается за счет размера склада, высоких потолков, наличия длинных коридоров, использования стеллажей для поддонов одной глубины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шкирандо, В. С. Современное состояние и перспективы применения технологий логистики складирования. Логистические системы в глобальной экономике. – 2018. – № 8. – С. 436-438.
2. Куган, С. Ф. Логистическая интеграция: новые условия и технологии. Белорусский экономический журнал. – 2021. – № 3(96). – С. 138-149.
3. Лукьянчикова, А. А. Методы повышения эффективности логистической деятельности предприятий. Актуальные проблемы и перспективы развития инновационной экономики и управления: сборник научных статей, Калининград, 25–28 апреля 2019 года. – Калининград: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 2019. – С. 38-42.
4. Пустохина, И. В., Т. Е. Красавина, Ф. А. Шамоян Инновационные технологии в логистике как фактор повышения эффективности работы предприятий. Актуальные проблемы логистического управления и инструменты их решения: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Великий Новгород, 31 марта 2021 года / Под редакцией Т.В. Кудряшовой, Я.В. Паттури. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2021. – С. 116-124.
5. Ибрагимхалилова, Т.В., А.А. Гвоздик Инновационные технологии в логистике. Логистические системы в глобальной экономике. – 2020. – № 10. – С. 143-146.

Научное издание

МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ V ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Самара, 26–27 января 2023 г.)

Подписано в печать 27.02.2022. Формат 60×90 ¹/₁₆.
Усл. печ. л. 18,3. Тираж 50 экз. Заказ 04.

Издательско-полиграфический центр 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.