

Набережночелнинский институт
Казанского Федерального Университета

Сетевое издание

Социально-экономические
и технические системы:
исследование,
проектирование,
оптимизация

№3(101)2025г.



Сетевое издание "Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация" (Social-economic and technical systems: research, design and optimization); (СЭТС) основано в 2003 г. и является рецензируемым сетевым научным изданием.

Учредитель – ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Изатель – Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета.

Сетевое издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Запись о регистрации Эл № ФС77-84008 от 11.10.2022.

ISSN: 1991-6302

Материалы сетевого издания размещаются на сайте Научной электронной библиотеки, включаются в национальную информационно-аналитическую систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования)

Адрес редакции: 423823, г. Набережные Челны, пр. Мира, д. 68/19

Контактный телефон: (8552) 39-71-40

Сайт сетевого издания: <https://kpfu.ru/chelny/science/sets>

E-mail: SETS_KFU@mail.ru

Главный редактор

Ганиев М.М., доктор технических наук, профессор

Заместитель главного редактора

Макарова И.В., доктор технических наук, профессор

Ответственный секретарь

Валиев А.М., кандидат технических наук, доцент

Редактор

Гарявина Е.Е.

Редколлегия:

Валиев Р.З., доктор физико-математических наук, профессор, Уфимский государственный авиационный технический университет (г. Уфа).

Ваславская И.Ю. доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г.Набережные Челны).

Виноградов А.Ю., доктор технических наук, профессор, Тольяттинский государственный университет (г. Тольятти).

Габбасов Н.С., доктор физико-математических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Гунаре М.Г., доктор политических наук, Балтийская международная академия (г. Рига, Латвия).

Дмитриев А.М., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Московский государственный технологический университет «Станкин», (г. Москва).

- Зазнаев О.И.**, доктор юридических наук, профессор, член Российской академии политических наук, Американской ассоциации политической науки, Международной ассоциации политической науки, Казанский федеральный университет (г.Казань)
- Ильин В.В.** – доктор философских наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (г. Москва)
- Исавнин А.Г.** доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Исраfilов И.Х.** - доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Киричек П.Н.**, доктор социологических наук, профессор, Международный государственный университет природы, общества и человека "Дубна" (г. Москва)
- Комадорова И.В.**, доктор философских наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Кулаков А.Т.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Маврин Г.В.**, кандидат химических наук, доцент, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Макаров А.Н.** доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Макарова И.В.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Мустафина Д.Н.**, доктор филологических наук, доцент, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Панкратов Д.Л.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Пуряев А.С.**, доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Рааб Г.И.**, доктор технических наук, профессор, Уфимский государственный авиационный технический университет (г. Уфа).
- Сакаева Л.Р.**, доктор филологических наук, профессор, Казанский федеральный университет (г. Казань).
- Сибгатуллин Э.С.**, доктор физико-математических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Филькин Н.М.**, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова (г. Ижевск).
- Шибаков В.Г.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ	7
<i>Губачева Л.А., Макарова И.В., Иванкин М.А.</i>	
ГРУЗОВИК-ДРОН, КАК НОВАЯ МОДЕЛЬ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК	7
<i>Губачева Л.А., Макарова И.В.</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	20
<i>И момназаров С.К., Махмудов А.А.</i>	
РАЗМЕЩЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДЕ НАМАНГАН	30
<i>И момназаров С.К., Насридинов А.Ш., Махмудов А.А., Ниионов Ф.Э.</i>	
ЛОКАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ	37
<i>Киреев И.Ю., Рубаник И.А., Глухова Т.Л.</i>	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ЧАСТИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ И НАЗЕМНЫХ АВТОНОМНЫХ РОБОТОВ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ОСВЕЩЕННОСТИ	43
<i>Кацуба Ю.Н., Кочегаров М.Е.</i>	
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТЯГОВОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА	52
<i>Малышев В.С., Пантилеев С.П.</i>	
ПОЛНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА КОНДЕНСАЦИИ ВОДЯНЫХ ПАРОВ ИЗ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ В ТЕПЛИЧНОМ ХОЗЯЙСТВЕ П. ТУЛОМА	60
<i>Мифтахов М.Н.</i>	
О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СКОПА – ОТХОДА ОТ ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРЫ - ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО КОМПОНЕНТА.....	71
<i>Михайлов Д.В., Кукушкин В.П., Трищенко С.Н.</i>	
ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ.....	76

<i>Полвонов А.С., Махмудов А.А.</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК	86
<i>Пронин М.А.</i>	
НЕКОТОРЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОДНОТРУБНЫХ ВОДЯНЫХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	93
<i>Рак А.Н., Гутаревич В.О.</i>	
ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОРСКИХ СУДОВ	101
<i>Парра С.А., Сафиуллин Р.Н., Сорванов А.В.</i>	
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ	109
<i>Сафиуллин Р.Н., Сорокин К.В., Канааш Ю.М., Попов А.В.</i>	
АЛГОРИТМ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ В ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОАВТОМОБИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	125
<i>Сиразутдинов И.М.</i>	
ГИБРИДИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ГРУППОВЫХ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ	135
<i>Степанова Н.Л., Федорова О.А.</i>	
АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ	153
<i>Степанова Н.Л., Федорова О.А.</i>	
ФОСФАТЫ В НЕОЧИЩЕННЫХ ГОРОДСКИХ СТОКАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ: РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ	161
<i>Шульгин С.К., Синопольский Д.О.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОДНОКОНТУРНОЙ И ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОДНОКОЛЕСНЫМ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ	175
<i>Юрков В.А., Юрков Д.А., Горбунов В.А.</i>	
ДИАГРАММА КЛАССОВ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	181
ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ	
<i>Горбунов А.И., Горбунов В.А.</i>	
ОБЗОР МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТОРАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ В	

ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОЦИАЛЬНО-ПОЛИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ОБЩЕСТВЕ	190
<i>Кривоногова А.Е., Сабиров Р.Р., Исаевнин А.Г.</i>	
РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ КАДРОВ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ	203
<i>Медведев П.П., Никонова Ю.В.</i>	
АРХИТЕКТУРА РОССИЙСКОГО СЕВЕРА. ОТ ЛИМСКОЙ ВОЛОСТКИ К ШОЖЕМСКОМУ ПОГОСТУ	211
<i>Черных В.В., Балалаечников А.В.</i>	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ	231
ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ФИНАНСЫ В УСЛОВИЯХ ИНОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ.....	242
<i>Велигуря А.В.</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА	242
<i>Голуб Т.В., Ромашка Е.В.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЕМ	253
<i>Ромашка Е.В., Голуб Т.В.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ	263

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 658.7

Губачева Л.А., доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им.В.Даля»

Макарова И.В., доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,

Иванкин М.А., ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им.В.Даля»

ГРУЗОВИК-ДРОН, КАК НОВАЯ МОДЕЛЬ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Аннотация. В статье рассмотрены возможности применения дронов (беспилотных летательных аппаратов) в различных отраслях экономики. Особое внимание уделено особенностям и перспективам применения грузовых дронов в медицинских целях и в случаях ЧС и ДТП - для перевозки средств оказания первой помощи, медицинских препаратов и т.п.

Ключевые слова: грузовые дроны, чрезвычайные ситуации, холодовая цепь

Введение. Дроны или беспилотные летательные аппараты (БПЛА) представляют собой автономные или дистанционно управляемые многоцелевые летательные аппараты, приводимые в движение законами аэродинамики и способные нести полезную нагрузку. Первоначально использование дронов в основном сосредотачивалось исключительно на военных целях, но постепенно распространилось и на другие области деятельности. На сегодня наиболее востребованными сферами использования БПЛА, за исключением военной, являются: логистика; беспилотный транспорт и аэротакси; сельское хозяйство; строительство; нефтегазовый сектор; электроэнергетика; экологический мониторинг; безопасность; чрезвычайные ситуации.

Такое широкое применение обещает ускорить и, в идеале, снизить стоимость технологических достижений в области беспилотных летательных аппаратов.

В данной статье рассмотрены в основном вопросы логистического использования дронов, прежде всего, для успешной транспортировки скоропортящихся грузов с контролируемой температурой.

Понятие «холодовой» цепи

Для многих поставщиков таких грузов соблюдение требований холодовой цепи поставок является необходимостью.

Термин «холодовая» цепь применяется в отношении хранения и транспортировки фармацевтических препаратов, вакцин, сывороток, препаратов крови, донорских органов и им подобных, в отношении прочей скоропортящейся продукции с ограниченным сроком хранения используется другое значение — «холодильная цепь», при этом содержание обоих терминов практически одинаково.

Кроме того, время транспортировки является одной из наиболее волнующих тем для поставщиков и потребителей таких грузов. При транспортировке в холодовой цепи товары в основном дорогостоящие, такие как свежие продукты и фармацевтические препараты. Срок годности некоторых дорогих свежих продуктов обычно очень короткий, что еще больше ограничивает время транспортировки. Поэтому при транспортировке продуктов холодовой цепи необходимо строго контролировать температуру, стремясь поддерживать её в безопасном диапазоне и доставлять их со склада потребителям в кратчайшие сроки, чтобы обеспечить свежесть и качество продуктов питания. Сроки доставки товаров должны гарантировать дату хранения.

Эти требования могут выполнить мультимодальные перевозки и предоставить потребителям более качественные и надежные логистические услуги холодовой цепи. Полный процесс мультимодальной перевозки включает предварительную перевозку на основе автомобильного транспорта, дальнюю перевозку на основе морского, железнодорожного или воздушного транспорта и конечную перевозку на основе автомобильного транспорта в электрических рефрижераторах и доставкой последней мили с помощью дронов. В настоящее время известно большое количество моделей и методов таких перевозок.

Состояние проблемы. Дроны в городских условиях

Для умных городов следующего поколения жизненно важно для развития транспортных систем использовать в воздушном пространстве небольшие БПЛА (также известные как дроны). БПЛА считаются одной из наиболее динамичных и многомерных новых технологий. Не так давно множество применений эта технология нашла и в сфере транспорта. Это такие направления как: наблюдение за дорожным движением и анализ дорожной сети для повышения безопасности и общего улучшения условий движения транспортных потоков. Однако для исследования трафика с помощью БПЛА требуется чрезвычайно тщательное планирование и организация наблюдений с последующей тщательной процедурой анализа и интерпретации данных. Предполагается, что услуги передачи данных будут повсеместно предоставлять автомобильные сети, это приобретает особую актуальность при переходе к автономному вождению, следствием чего станет повышение нагрузки на инфраструктуру наземной дорожной сети. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в этом смысле имеют огромный потенциал для решения некоторых задач, оказывая содействие автомобильным сетям в предоставлении услуг [1].

Повышенным спросом со стороны государственных органов пользуются интеллектуальные транспортные услуги и организация дорожного движения, позволяющее совершенствовать дорожное движение и, таким образом, снизить затраты на электроэнергию, повысить безопасность и комфорт водителей, обеспечить контроль соблюдения и выявления нарушений правил дорожного движения. Помимо этого, дроны также могут снизить воздействие дорожного движения на окружающую среду. БПЛА можно использовать для мониторинга качества воздуха в перегруженных районах, предоставляя данные о движении для корректировки сигналов светофора и маршрутизации, а также для мониторинга шумовой нагрузки, с целью планирования действий по снижению чрезмерного шума в городских районах. В целом, использование дронов в управлении дорожным движением имеет множество преимуществ, повышая осведомленность о дорожной ситуации, способствуя снижению числа дорожно-

транспортных происшествий и негативного воздействия транспорта на окружающую среду.

Возрастает интерес к применению БПЛА в транспортной отрасли для мониторинга и анализа дорожного движения. По мнению авторов [2], БПЛА могут использовать вычислительные ресурсы окружающих объектов периферийной сети для расширения своих вычислительных возможностей. По сравнению с петлевыми детекторами и приемниками Bluetooth (с высокими капитальными и эксплуатационными затратами), дроны представляют собой недорогую альтернативу, предлагающую большую гибкость и высокое качество данных.

В статье [3] предлагается автоматизированная схема управления дорожным движением в режиме реального времени с использованием эффективных и безопасных БПЛА. Однако из-за низких вычислительных возможностей и ограниченной емкости аккумулятора БПЛА для повышения производительности автоматизированной схемы управления трафиком на основе БПЛА применяются периферийные вычисления с множественным доступом (МЕС). Алгоритм разработан на основе концепции графа попарной совместимости для схемы автоматизированного управления дорожным движением с помощью БПЛА, в которой для обнаружения транспортных средств используется модель глубокого обучения (DL). Кроме того, в схему автоматического управления трафиком внедрена технология блокчейна для хранения записей трафика, что позволяет обеспечить отказ от сети и избежать любого вмешательства в сеть третьих лиц.

Картирование и документирование мест дорожно-транспортных происшествий (ДТП) может варьироваться от простых эскизов и измерений рулеткой до сложных 3D-измерений и моделирования пространства места происшествия, для которых могут потребоваться дорогостоящие инструменты наземного лазерного сканирования. В статье [4] предложен подход к документированию мест ДТП, основанный на недорогой технологии БПЛА и методах фотограмметрии БПЛА. С помощью встроенной камеры с функцией

записи видео 4К из набора отдельных кадров создаются очень подробные и точные ортофотопланы.

Авторы исследования [5] установили, что постоянная проблема нехватки ресурсов в местных и городских сетях для технического обслуживания, ремонта и реконструкции (MR&R) во многих случаях приводила к использованию нескорректированных или неоптимальных методов обнаружения и анализа повреждений дорожного покрытия, что приводило к неэффективным или даже контрпродуктивным результатам. Поэтому необходимо иметь инструменты, позволяющие проводить быстрые, надежные и недорогие оценочные исследования, что возможно с использованием БПЛА.

В исследовании [6] предлагается структура управления движением системы БПЛА в контексте доставки посылок в низковысотном городском воздушном пространстве, включая планирование маршрута БПЛА на основе кластеризации, управление движением системы беспилотных летательных аппаратов (UTM) с обнаружением и разрешением конфликтов (CD&R) и разработку механизма распределения ресурсов воздушного пространства.

Особого внимания заслуживают вызывающие интерес интермодальные перевозки посредством грузовика-дрона, как новой модели мультимодальных перевозок [7]. В статье [8] разработана технология автономного планирования маршрута доставки на основе дронов, учитывающая логистику холодовой цепи, позволяющую минимизировать потребление энергии при транспортировке дронами. Ван и др. [9] разработали математическую модель транспортировки вакцин с помощью дронов. Дроны и беспилотный грузовой транспорт уже применяют во многих странах, включая США, Британию, Норвегию и Руанду, — пока в пилотном режиме.

Один из самых перспективных игроков на этом рынке — компания Zipline, которая уже давно применяет дроны для транспортировки медицинских грузов. Например, в Руанде беспилотники транспортируют донорскую кровь и биоматериалы для проведения анализов. За четыре года компания осуществила 13 тыс. перевозок. Раньше пациентам приходилось ждать, пока наберется

достаточный объем биоматериала для отправки в лабораторию, но квадрокоптеры ускорили процесс.

В 2020-м Zipline начала транспортировать средства защиты для медиков и вышла на американский рынок. Но приоритетом для компании остаются развивающиеся страны, поскольку там спрос на технологии медлогистики особенно высок, а цепочки поставок до сих пор не налажены.

В этом направлении работает также компания Matternet, которая в 2016 году использовала дроны для транспортировки анализов пациентов с подозрением на ВИЧ в африканских странах. Квадрокоптеры также применяют для доставки лекарств в условиях ЧС, как было, например, во время урагана Мария в Пуэрто-Рико.

БПЛА используют и для транспортировки донорских органов. Так, недавно в США впервые доставили донорскую почку, используя дрон.

В данной статье предлагается технология планирования автономного маршрута доставки, как последнего этапа, в общей цепи холодовых поставок на основе дронов, позволяющая минимизировать время доставки при транспортировке и обеспечить безопасность и качество грузов, а также снизить потери энергии при доставке. Исследование направлено на повышение качества обслуживания населения при транспортировке продуктов холодовой цепи, путем минимизации времени полета дронов. Доставка медикаментов, препаратов крови, фармацевтических препаратов, вакцин, оборудования для неотложной медицинской помощи, продуктов питания, почтовых отправлений особенно для труднодоступных районов, является актуальной.

Характеристики грузовых дронов

Грузовой дрон — это БПЛА, который может перемещать груз на дальние расстояния. Километраж и грузоподъемность устройства зависит от модели и комплектации.

Так, например, Компания Wingcopter запустила пилотный проект по доставке скоропортящихся продуктов с помощью дронов в Германии.



Рис. 1 Дрон для транспортировки медикаментов

Цель состоит в том, чтобы улучшить снабжение в отдаленных регионах. Дроны Wingcopter доставляют заказы в заранее определенные точки посадки за пределами деревень, а электрические грузовые велосипеды завершают доставку до двери. Пилотный проект продлился до конца 2023 года.



Рис. 2 Дрон для доставки скоропортящихся продуктов до отдалённых точек

Доставка медикаментов, крови, фармацевтических препаратов, вакцины и оборудования для неотложной медицинской помощи, особенно для труднодоступных районов, является актуальной.

Доставка последней мили с помощью дронов

В процессе транспортировки продуктов холодовой цепи с помощью дронов самолётного типа в данном исследовании для минимизации времени полета предложена целевая функция $F(t)$, с целью повышения качества обслуживания

населения. В то же время, траектория дрона должна соответствовать максимальному углу разворота, максимальному углу крена и максимальному ограничению по времени полета, как определено ниже.

$$F(t) = f(l, t_1, \alpha, \alpha_1) \rightarrow \min$$

l – длина участка траектории полета,

t_1 - максимальное ограничение по времени полета беспилотных летательных аппаратов,

α - максимальный угол разворота дрона,

α_1 – максимально-допустимый угол крена дрона.

Говоря об использования БПЛА в медицинских целях, следует обратить внимание на исследование, подготовленное экспертами Всемирного экономического форума совместно с компанией Deloitte, в котором рассмотрена проблема обеспечения людей в труднодоступных местах высококачественным медицинским обслуживанием на примере использования беспилотных летательных аппаратов для доставки медицинских грузов в Африке, которая сегодня является мировым лидером в использовании беспилотных летательных аппаратов в медицинских целях и на протяжении многих лет служит своего рода испытательным полигоном для инновационных технологий и нормативных решений [10].

Таким образом, использование дронов дает возможность повысить качество медицинского обслуживания, особенно в отдаленных и (или) недостаточно обслуживаемых районах, за счет сокращения времени проведения лабораторных исследований, обеспечения своевременной доставки жизненно необходимых медикаментов (устройств) и снижения затрат на обычную рецептурную помощь в сельской местности.

С учетом их большой гибкости и приемлемой стоимости, использование дронов апробируется в различных медицинских учреждениях.

Тестирование беспилотников для использования в медицине показывают положительные результаты, так, например, это может сократить время доставки

препараторов или анализов и повысить экономическую эффективность. Сегодня это является приоритетным направлением.

Беспилотные летательные аппараты прошли успешную оценку в рамках различных пилотных программ в некоторых учреждениях для транспортировки образцов и доставки крови, вакцин, медикаментов, органов, жизненно необходимых медицинских принадлежностей и оборудования.

Так, специалистами ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, ФГБУН «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук», ГБУ «Санкт-Петербургский НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» Минздрава России оценивалась эффективность транспортировки препаратов крови (лейкоредуцированной эритроцитной звезды (ЛЭВ)) с применением БПЛА роторного типа; определялась возможность использования ЛЭВ в клинической практике после её транспортировки с применением дрона.

Исследование полета БПЛА с грузом заключалось в построении полетной миссии, имитирующей не прямолинейную траекторию движения в городских условиях от точки старта до конечной точки, где происходит посадка БПЛА и передача груза.

Результаты исследования показали, что доставка компонентов крови и других медицинских препаратов дронами в условиях мегаполиса может осуществляться значительно быстрее и является экономически более эффективной по сравнению с их транспортировкой автомобильным транспортом [11].

Кроме того, многообещающими представляются концепция «лаборатории на дроне», а также исследования, демонстрирующие преимущества использования дронов в эпидемиологическом надзоре и эпидемиологии инфекционных заболеваний (срочная доставка проб, образцов, анализов).

В зонах чрезвычайных ситуаций, если помочь спасателей и врачей необходима на месте происшествия, а добраться до нужной точки бывает непросто, и на это может потребоваться несколько часов, то БПЛА с достаточной

грузоподъёмностью может доставить к месту нахождения пострадавших жизненно важный груз: средства оказания первой помощи, дефибриллятор, кровоостанавливающие жгуты, кислородные маски, теплоизолирующие накидки, противопожарное полотно, противохимический пакет, противогаз, надувной спасательный жилет, компактные носилки и рацию.

Также возможна доставка сигнальных факелов и громкоговорителей, чтобы облегчить поиск людей спасателями. В каждой ситуации набор средств подбирается индивидуально, а с помощью динамика и камеры на борту БПЛА врач может давать инструкции и контролировать процесс оказания первой помощи.

Такой сценарий подходит и для города: обычно приезд скорой помощи занимает в среднем 14 минут по адресу и 8 минут – на ДТП. За это время могут произойти критические изменения в организме пострадавшего, обратимые только в первые несколько минут.

Спасательный БПЛА может оказаться на месте в течение пары минут, если организовать сеть пунктов вылета по всему городу [12].

Актуальна такая схема доставки медицинских средств и для значительных дорожно-транспортных происшествий на загруженных трассах, где вследствие возникших заторов затруднено своевременное прибытие машин скорой помощи к месту происшествия.

Интересным представляется вариант оснащения компактными БПЛА малой грузоподъемности расчетов пожарно-спасательных подразделений и специализированных бригад скорой медицинской помощи.

Перспективным является и направление разработки БПЛА соответствующего типа, оснащения и грузоподъемности для эвакуации пострадавших с мест происшествия, труднодоступных для других транспортных средств

Как видно из приведённых примеров, потенциал использования дронов в медицинских целях огромен. Дроны могут помочь расширить доступ к медицинскому обслуживанию для людей, которые в противном случае не могли

бы воспользоваться надлежащей помощью из-за удаленности и отсутствия инфраструктуры или средств. Однако такие факторы, как национальное законодательство о воздушном пространстве и юридические медицинские вопросы, различия в топографии и климате, экономическая эффективность, а также отношение общества к дронам и их принятие в разных культурах и обществах, в настоящее время препятствуют широкому использованию дронов. Значительная экономия средств по сравнению с наземным транспортом, скорость и удобство доставки, а также быстро развивающийся сектор беспилотных летательных аппаратов, вероятно, будут способствовать внедрению беспилотных летательных аппаратов в различных областях медицины в ближайшем времени.

Необходимо протестировать регламент применения БПЛА, чтобы доставлять препараты, анализы и другие изделия медицинского назначения в разных погодных условиях, в том числе зимой.

Такая транспортировка не должна приводить к дефектам препаратов и анализов, для этого нужно понять, как соблюдать температурные условия, обеспечить защиту и средства контроля состояния грузов.

Выводы

1. Доставка дронами, безусловно, является крупным нововведением следующего десятилетия, хотя все еще есть некоторые препятствия для широкого внедрения
2. Беспилотные устройства выполняют сразу несколько задач: они помогают медикам быстрее и эффективнее оказывать услуги, ускоряют диагностику и лечение, в том числе во время пандемии. В то же время, дроны и роботы решают проблему «последней мили», доставляя лекарства и медикаменты клиентам.
3. Приведена целевая функция сокращения времени доставки грузов позволяет выбрать многокритериальную математическую модель для разработки и оптимизации логистических устойчивых решений холодовой цепи поставок.

Список использованных источников

1. W. Qi, Q. Song, L. Guo and A. Jamalipour, «Energy-Efficient Resource Allocation for UAV-Assisted Vehicular Networks With Spectrum Sharing,» in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 71, no. 7, pp. 7691-7702, July 2022, doi: 10.1109/TVT.2022.3163430.
2. Butilă, E.V.; Boboc, R.G. Urban Traffic Monitoring and Analysis Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Systematic Literature Review. *Remote Sens.* 2022, 14, 620. <https://doi.org/10.3390/rs14030620>.
3. Md Masuduzzaman, Anik Islam, Kazi Sadia, Soo Young Shin. UAV-based MEC-assisted automated traffic management scheme using blockchain. *Future Generation Computer Systems*. Volume 134. 2022. Pages 256-270. ISSN 0167-739X. <https://doi.org/10.1016/j.future.2022.04.018>.
4. Juan Antonio Pérez, Gil Rito Gonçalves, José Manuel Galván Rangel, Pedro Fuentes Ortega. Accuracy and effectiveness of orthophotos obtained from low cost UASs video imagery for traffic accident scenes documentation. *Advances in Engineering Software*. Volume 132. 2019. Pages 47-54. ISSN 0965-9978. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2019.03.010>.
5. Laura Inzerillo, Gaetano Di Mino, Ronald Roberts. Image-based 3D reconstruction using traditional and UAV datasets for analysis of road pavement distress. *Automation in Construction*. Volume 96. 2018. Pages 457-469. ISSN 0926-5805. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.010>.
6. Ang Li, Mark Hansen, Bo Zou. Traffic management and resource allocation for UAV-based parcel delivery in low-altitude urban space. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. Volume 143. 2022. 103808. ISSN 0968-090X. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103808>.
7. Archetti C, Peirano L, Speranza MG. Optimization in multimodal freight transportation problems: A Survey. *European Journal of Operational Research* 2022, 299(1), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.07.031>

8. ZhangJ, LiY. Collaborative vehicle drone distribution network optimization for perishable product sin treepie mi situation. Computers & Operations Research2023, 149,106039.<https://doi.org/10.1016/j.cor.2022.106039>
 9. Wang X, Jiang R, Qi M. A robust optimization problem for drone-based equitable pandemic vaccine distribution with uncertain supply Omega 2023, 119, 102872. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2023.102872>
 10. Medicine from the Sky: opportunities and Lessons from Drones in Africa [Электронный ресурс]: World Economic Forum. Insightreport, march 2021 //www.weforum.org: сайт. – Электрон.дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://www.weforum.org/reports/01745134-e63f-4fc0-91a1-1507b4d2c351>.
 11. Носов А. М., Савельев А. И., Вильянинов В.Н., Ромашова Ю. Е., Лебедев И.В., Лебедева В.В., Янин, А.П., Самохвалов И.М. Опыт транспортировки компонентов крови с применением беспилотного летательного аппарата// Медицина катастроф. 2022. №3. С.65-69. <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2022-3-65-69>. 65-69.
 12. Беспилотные системы. Поиск и спасение [Электронный ресурс] // <https://unmannedsystems.ru/>: сайт. – Электрон. дан. – [б. м.].
-

Gubacheva L.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «V.Dal Luhansk State University»

Makarova I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Naberezhnye Chelny Institute, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Kazan (Volga Region) Federal University»,

Ivankin M.A., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «V.Dal Luhansk State University»

DRONE TRUCK AS A NEW MODEL OF MULTIMODAL TRANSPORTATION

Abstract. The article considers the possibilities of using drones (unmanned aerial vehicles) in various sectors of the economy. Particular attention is paid to the features and prospects of using cargo drones for medical purposes and in cases of emergencies and road accidents - for transporting first aid supplies, medicines, etc.

Keywords: cargo drones, emergencies, cold chain

УДК 629.424.14-83

Губачева Л. А. доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля».

Макарова И. В. доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Аннотация: Статья посвящена вопросам повышения энергетической эффективности автономных локомотивов в производственных транспортных логистических системах. Рассмотрены вопросы ресурсосберегающей модернизации маневрово-вывозных тепловозов путем использования гибридных силовых установок. Предложена модернизация локомотивов для эксплуатации на альтернативных видах топлива, которая позволит сократить расход топлива и повысить энергоэффективность.

Ключевые слова: дизель, котел-парогенератор, турбина, пароперегреватель, конденсатор пара, расход топлива, затраты на топливо

Введение

Необходимость обновления локомотивов связана с интенсивным старением парка. Как следует из презентации Института проблем естественных монополий (ИПЕМ), 81%, или около 6000, маневровых локомотивов на путях необщего пользования старше 30 лет, после которого им запрещен выход на сеть РЖД (пути общего пользования). По данным Росстата, в январе - феврале 2023 г. в России было построено 39 маневровых тепловозов (-15,2% к январю - февралю 2022 г.), в феврале - 19 маневровых тепловозов (-26,9% к февралю 2022 г.) [1].

В России назревает дефицит мощностей по строительству и модернизации маневровых локомотивов, принадлежащих промышленным предприятиям. Это следует из презентации Института проблем естественных монополий (ИПЕМ). Проблему подтвердили в ассоциации «Промжелдортранс» (объединяет более 150 организаций промышленного

железнодорожного транспорта). Необходимость обновления локомотивов связана с интенсивным старением парка. Как следует из презентации ИПЕМ, 81%, или около 6000, маневровых локомотивов на путях необщего пользования старше 30 лет, не имеют права выхода на сеть РЖД, поэтому часть парка придётся обновлять. На рисунке 1 приведена структура парка маневровых локомотивов на путях общего пользования [1].

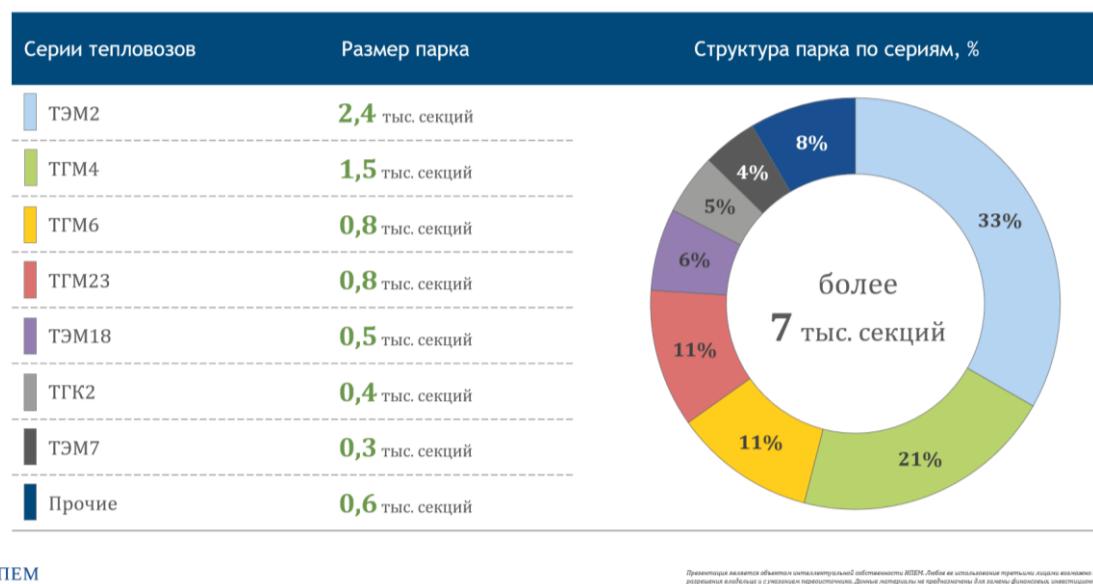


Рис.1. Структура парка маневровых локомотивов на путях общего пользования

Состояние проблемы: перспективы обновления парка локомотивов

Программа обновления парка маневровых локомотивов на путях необщего пользования долгосрочная и очень затратная процедура. Но их ресурс можно продлить до 45–50 лет при их своевременном обслуживании и частичной модернизации во время ремонта на предприятиях России и Казахстана, несмотря на то, что мощности полной модернизации и ремонта маневровых локомотивов ограничены.

Ресурсосберегающая модернизация маневрово-вывозных тепловозов направлена на повышение эксплуатационной эффективности за счёт снижения расхода топлива, улучшения тяговых свойств и условий труда. Известны некоторые подходы к ресурсосберегающей модернизации:

использование гибридных силовых установок, применение двухдизельных конфигураций, использование электромеханической трансмиссии, модернизация кабины управления [3]. Имеются примеры успешных проектов модернизации маневрово-вывозных тепловозов от АО «Трансмашхолдинг». Модель ТЭМ23 предназначена для замены массово эксплуатируемого локомотива ТЭМ18ДМ, обеспечивает экономию топлива и масла до 30% в зависимости от условий эксплуатации. Конструкция тепловоза ТЭМ5Х позволяет получать необходимые тяговые характеристики при более высоком уровне экологичности.

Повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в последнее десятилетие стало важнейшей проблемой развития железнодорожного транспорта, где на тягу поездов используют до десятой части дизельного топлива от общего производства в условиях, когда расход условного топлива на измеритель перевозочной работы в 18 раз меньше, чем на автомобильном транспорте [4-7].

Наибольшие успехи в ресурсосбережении достигнуты концерном BMW (Германия) для легковых автомобилей. Применение дополнительной энергетической утилизационной установки типа Turbosteamer nennt BMW в составе парогенератора, насоса рабочего тела (пар - жидкость), пароперегревателя, пароконденсатора, высокотемпературной турбины, низкотемпературной турбины позволяет повысить максимальную мощность энергоустановки без увеличения расхода топлива. По данным BMW, использование установки на легковом автомобиле обеспечивает повышение ее мощности на 15% и экономию топлива 1,5 литра на 100 км пробега при прочих равных условиях эксплуатации. Актуальной теме ресурсосбережения является и для железнодорожного транспорта.

В данной статье в качестве ресурсосберегающей модернизации маневрово-вывозного тепловоза типа ЧМЭ3 применён подход использования гибридных силовых установок. Его смысл заключается в использовании дизеля средней мощности и современной технологической установки

преобразования избыточной теплоты отработавших газов дизеля в механическую энергию и дополнительную электрическую энергию для тяги поездов [8].

Известно, что на железных дорогах и на промышленных предприятиях стран СНГ более 50 лет успешно эксплуатируются маневровые тепловозы ЧМЭЗ производства ЧКД - Прага (Чехословакия) мощностью 1350 л.с. (рис.1). Отличительной особенностью работы маневровых тепловозов на малых станциях является значительная продолжительность эксплуатации (до 80% времени) на холостом ходу или на малой мощности. При имеющейся интенсивности работы по нормативам в сутки тепловозу ЧМЭЗ полагается 360л дизельного топлива на сумму около 18 тыс. руб. [6]. Важное достоинство: преемственность конструкции, что позволяет эксплуатировать локомотивы разных лет постройки. При этом большинство присоединительных размеров оборудования, система нумерации проводов в электрической схеме оставались неизменными. До настоящего времени тепловозы ЧМЭЗ составляют основу парка маневровых локомотивов на дорогах европейской части России, а также в большинстве стран СНГ и Балтии.

В связи с высоким уровнем стоимости топлива в калькуляции себестоимости транспортных затрат на промышленном транспорте важную роль играет экономия энергоносителей, в том числе и путем создания новых маневровых тепловозов и модернизации находящихся в эксплуатации, в том числе и путем использования новых технических решений и отечественного оборудования. В плане ресурсосберегающей модернизации тепловозов заслуживает внимания опыт передачи избыточной механической энергии от дополнительной турбины мощностью 400 л.с. на коленчатый вал дизеля Д70 мощностью 4000 л.с. (созданного на Харьковском заводе транспортного машиностроения им. В. А. Малышева) [6].

Предлагается модернизация маневрово-вывозного тепловоза типа ЧМЭЗ, подробно описанная путем использования дизеля средней мощности

и современной технологической установки преобразования избыточной теплоты отработавших газов дизеля в механическую энергию в дополнительную электрическую энергию для тяги поездов. На рис. 2 представлен общий вид и устройство маневрового тепловоза ЧМЭ3.

На тепловозе ЧМЭ3 установлен шестицилиндровый дизель К6С310DR с рабочим диапазоном частоты вращения вала 350–750 об/мин весом 13400 кг и тяговый генератор ТД 802 весом 4700 кг.

Основное силовое и вспомогательное оборудование тепловоза ЧМЭ3 установлено на главной раме, которая при помощи восьми болтов подвешена к трехосным бесчелюстным тележкам. Между тележками расположен топливный бак, подвешенный к главной раме тепловоза.

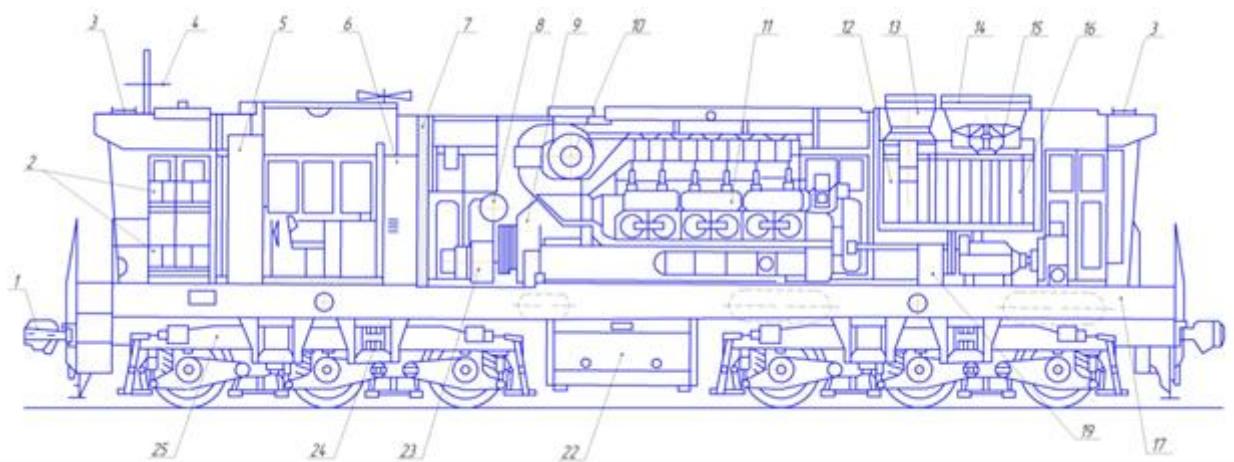


Рис. 2. Маневровый тепловоз ЧМЭ3 (внешний вид и схема устройства)

В средней части главной рамы расположена дизель-генераторная установка, состоящая из четырехтактного шестицилиндрового дизеля мощностью 993 кВт (1350 л. с.) и тягового генератора постоянного тока мощностью 885 кВт.

В передней части рамы смонтирована шахта холодильника. Охлаждение воды основного контура осуществляется главным вентилятором, а воды вспомогательного контура — вентилятором с электроприводом. За кабиной машиниста расположен отсек, в котором размещена аккумуляторная батарея, состоящая из последовательно соединенных щелочных аккумуляторов, собранных в пятнадцати ящиках, установленных в два яруса.

Результаты исследования. После обзора имеющихся методов повышения ресурсосбережения на автомобильном транспорте

Обзор имеющихся методов повышения ресурсосбережения на транспорте показал целесообразность применения для модернизации тепловоза ЧМЭ3:

- дизель-генераторной установки на базе отечественного двенадцатицилиндрового дизеля М756 12ЧН15/18 мощностью 1000 л.с. (с диапазоном частоты вращения вала 700 -1500 об/мин весом 2000 кг).
- дополнительной энергетической утилизационной установки типа Turbosteamer nennt BMW в составе парогенератора, насоса рабочего тела (пар - жидкость), пароперегревателя, пароконденсатора, высокотемпературной турбины, низкотемпературной турбины.

Вид модернизированного тепловоза типа ЧМЭ3, у которого вместо одного дизельного двигателя K6S310DR установлен легкий дизель M756A и парогенератор Turbosteamer nennt BMW, представлен на рис. 3.

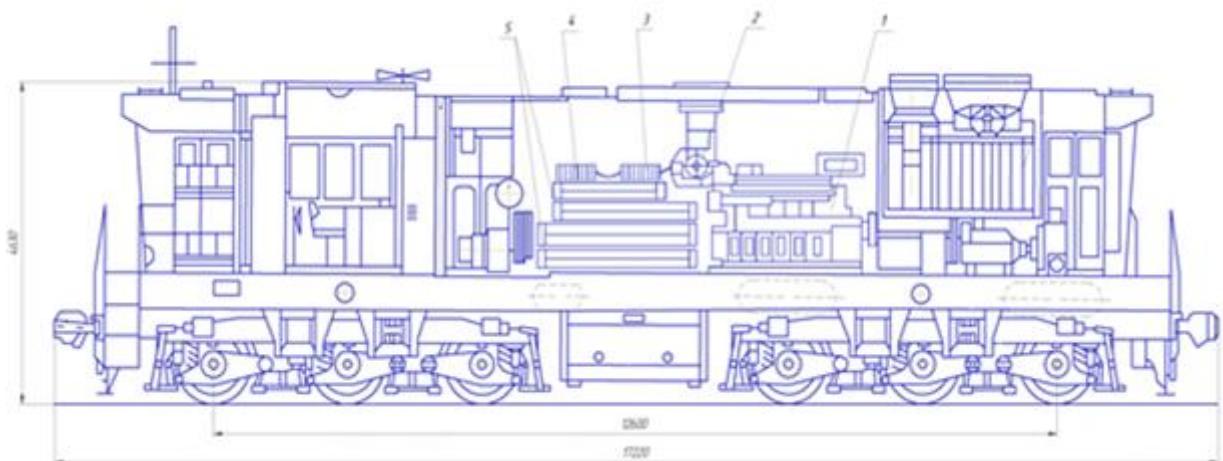


Рис. 3. Проект маневрового тепловоза с гибридной силовой установкой: 1 - дизель-генератор; 2 - парогенератор; 3 - пароиспаритель; 4- пароперегреватель; 5- пароконденсатор

Дизель-электрический локомотив оснащен тяговой установкой мощностью 1000 лошадиных сил, основным источником энергии для которой служит дефорсированный до 860 л.с. дизель типа М756. Дополнительная силовая установка Turbosteamernennt BMW содержит парогенератор, состоящий из теплообменника-пароиспарителя и теплообменника-пароперегревателя, работающих на теплоте выхлопных газов дизеля, конденсатор отработавшего пара и питательный насос для подачи конденсата в котел-испаритель. При этом крутящий момент установки может быть увеличен, а расход топлива снижается.

Существенным преимуществом использования турбогенератора на маневрово-вывозном тепловозе может стать наличие емкостного накопителя тепловой энергии в теплоизолированном кotle, что дает возможность движения локомотива при работе только турбины и дизеля в холостом режиме, что в целом позволит сэкономить до 90 л топлива в сутки.

В настоящее время экологические проблемы и необходимость экономии очень дорогого топлива нефтяного происхождения приводят к созданию новых транспортных средств, работающих на альтернативных источниках энергии. Сжатый воздух широко используется как источник потенциальной энергии для запуска транспортных двигателей большого рабочего объема.

Для повышения эффективности работы на дорогом дизельном топливе и обеспечения должного экологичного уровня предлагается модернизация конструкции локомотива [9], представленная на рис.4 (Локомотив. Патент UA 37889U от 10.12.2008, Бюл. №23, 2008)

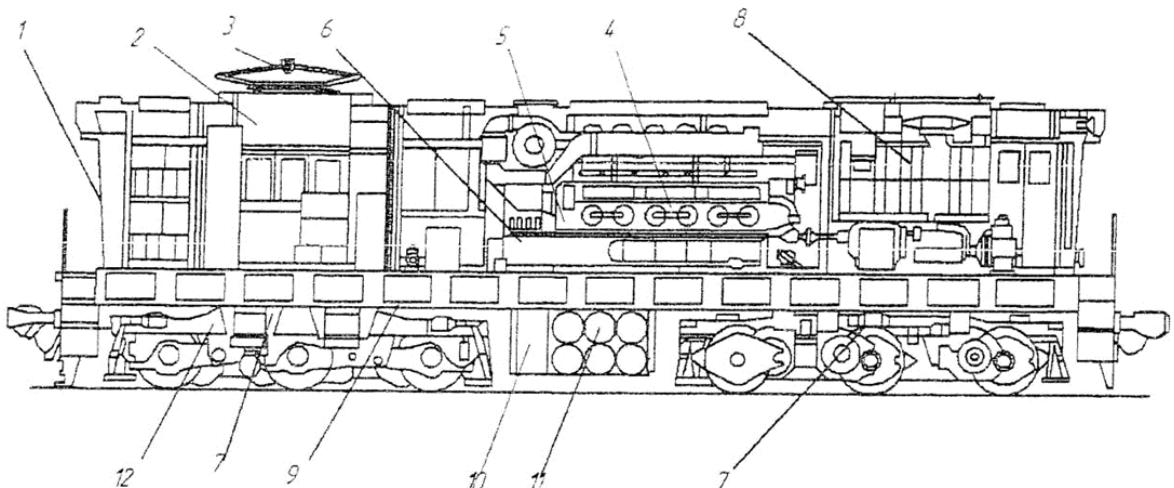


Рис. 4. Автономный локомотив: - кузов, 2 - кабина машиниста, 3 – токосъёмник, 4 – дизельный двигатель, 5 – распределительная газовая аппаратура, 6 – тяговый генератор, 7 – тяговый электрический двигатель, 8 - холодильник, 9 - дополнительные секции аккумуляторных батарей, расположенных в боковых отсеках, 10 – топливный бак, 11 – газовые баллоны, размещённые под кузовом 1, который опирается на две трёхосные тележки 12.

Усовершенствование конструкции осуществлялось путём переоборудования дизельного двигателя 4, топливной системы 10, также установки токосъемника 3 на крыше кабины машиниста 2 и дополнительных секций аккумуляторных батарей, расположенных в боковых отсеках 10. Подобная модернизация позволит практически избавиться от вредных веществ в выхлопных газах дизелей, повышение ресурса двигателя в 1,5 – 2 раза до капитального ремонта и даст возможность работы от аккумуляторной батареи при заглушенном дизеле. Предусмотрена возможность подзарядки аккумуляторных батарей при заглушенном двигателе от контактного провода через токосъемник на крыше кабины машиниста в местах экипировки и отстоя.

Поставленная задача достигается тем, что распределительная газовая аппаратура 5 размещена на дизельном двигателе 4, газовые баллоны 11 размещены под кузовом 1 рядом с топливным баком 10.

Распределительная газовая аппаратура — это комплекс устройств, которые обеспечивают снижение и контроль давления газа в газораспределительной системе.

Предложенный вариант модернизации позволит работать локомотиву на неэлектрифицированных линиях, на электрифицированных линиях и в режиме электромобиля и в разы сократить затраты на топливо.

Выводы

1. Представляется целесообразным при модернизации тепловоза ЧМЭ3:
 - применить дизель-генераторную установку на базе отечественного двенадцатицилиндрового дизеля М756 12ЧН15/18 мощностью 1000 л.с. (с диапазоном частоты вращения вала 700–1500 об/мин весом 2000 кг).
 - использовать дополнительную энергетическую утилизационную установку типа Turbosteamer nennt BMW в составе парогенератора, насоса рабочего тела (пар - жидкость), пароперегревателя, пароконденсатора, высокотемпературной турбины, низкотемпературной турбины.
2. Эксплуатация проектного тепловоза ЧМЭ3 позволяет сократить и расход топлива примерно на 15%–22% по сравнению с базовым тепловозом ЧМЭ3.
3. Эксплуатация локомотивов на альтернативных видах топлива позволит сократить расход топлива и повысить энергоэффективность.

Список использованных источников

1. Промпредприятиям к 2035 году придется обновить тысячи маневровых локомотивов / Презентация ИПЕМ. Электронный ресурс https://techzd.ru/news/analytics/k_2035_godu_promyshlennym_predpriyatiyam_potrebuetsya_obnovit_3_5_tys_manevrovyykh_lokomotivov/
2. Эффективность модернизации маневровых тепловозов и пути ее определения / Е. В. Рябко, К. А. Рябко, Вестник Брянского государственного технического университета, №5 (90) 2020, С.23-31.

3. Тепловозу ЧМЭ3 - 50 лет / Электронный ресурс <http://scbist.com/xx2/44271-06-2014-teplovozu-chme3-50-let.html>
4. Развитие локомотивной тяги / Н. А. Фуфрянский, А. Н. Долганов, А.С. Нестрахов и др./ Под ред. Н.А. Фуфрянского и А. Н. Бевзенко. -2-е изд. перераб. и доп.- М.: Транспорт, 1988.-344с.
5. Раков В.А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1966-1975 гг.).-М.:Транспорт,1979.-213с.
6. Энергетика локомотивов. Хазен М.М.-Изд.2-е, перераб. и доп.- М.: Транспорт, 1977.-206 с.
7. Конструкция и динамика тепловозов. Иванов В. Н., Иванов В. В., Панов Н. И., Третьяков А. П. -М.: Транспорт, 1968.-288 с.
8. Губачева Л. А., Андреев А. А. К вопросу о ресурсосберегающей модернизации маневрово-вывозных тепловозов /Сб. Вестник ЛНУ им. В. Даля №3(9), 2018. С.30 - 33.
9. Андреев А. А., Губачева Л. А., Тараканов А. В. Локомотив – патент Украины №37889, опубл. 10.12.2008, бюл. №23.

Gubacheva L. A., doctor of technical Sciences, professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Luhansk Vladimir Dahl»

Makarova I. V., doctor of technical Sciences, professor, NaberezhnyeChelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University.

INCREASING THE EFFICIENCY OF FUEL AND ENERGY RESOURCES USE IN PRODUCTION TRANSPORT LOGISTICS SYSTEMS

Abstract: The article is devoted to the issues of increasing the energy efficiency of autonomous locomotives in industrial transport logistics systems. The problems of resource-saving modernization of maneuver-and-export diesel locomotives are considered with using the turbo-generating additional plant that operates on a steam of the boiler - the recovery of a heat of diesel exhaust gases. Modernization of locomotives for operation on alternative fuels has been proposed, which will reduce fuel consumption and improve energy efficiency.

Keywords: diesel, steam generator boiler, turbine, superheater, steam condenser, fuel consumption, fuel costs

УДК: 168 (075.8)

Иномназаров Сарвар Ковилжонович, PhD, доцент. Наманганский государственный технический университет, Узбекистан

Махмудов Авазбек Акрамжон угли, преподаватель. Наманганский государственный технический университет, Узбекистан
(94 2703612 sarvar199108@gmail.com)

РАЗМЕЩЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДЕ НАМАНГАН

Аннотация: В данной статье исследуется процесс организации пассажирских перевозок общественным транспортом. Показано, что информация о размещении и устройстве остановок является одним из важных вопросов при проектировании маршрутной сети. Приведены особенности размещения автобусных остановок, и их специфика в условиях города Наманган. Показано, что автобусные остановки по-прежнему являются местом частого посещения для большинства граждан. В статье приведены нормативные положения, а также на их основе выдвинуты предложения и рекомендации по разработке мер по созданию многофункциональной остановки, отвечающей современным требованиям.

Ключевые слова: автобусная остановка, универсальный дизайн, общественный транспорт, автопавильон, маломобильное население.

Введение

Размещение и проектирование остановок - важный процесс в организации перевозок общественным транспортом, направленный на обеспечение эффективности, удобства и безопасности транспортной системы. При планировке и проектировании автобусных остановок должны учитываться следующие факторы:

- Информация о плотности населения и величине спроса:
 - порядок размещения остановок вдоль транспортных маршрутов.
 - обеспечение безопасности и комфорта.
- Инфраструктурные и технические требования:
 - особенности управления пассажиропотоком
 - применение технологий при проектировании и управлении.

- Особенности окружающей среды и архитектуры:
 - учет климатических факторов;
 - применение современного и функционального дизайна
- Законодательные требования и стандарты:
 - учет социальных особенностей;
 - экономическая эффективность.

В результате рациональное проектирование и размещение остановок позволяет повысить эффективность работы общественного транспорта, создать комфорт для пассажиров и внести свой вклад в общее развитие города.

Определение мест размещения остановок общественного транспорта

При определении конфигурации маршрутной сети и мест размещения остановок общественного транспорта следует учитывать, что важно определить роль автобусного сообщения в связи с решением проблем мобильности населения и его взаимодействие с другими видами общественного транспорта при оптимальном обеспечении населения транспортными связями. С учетом пассажиропотока необходимо учитывать расположение автобусных остановок автобусов и автомобилей по длине пути без снижения их транспортно-эксплуатационных показателей и безопасности дорожного движения. Учитывая постепенное развитие улично-дорожной сети (УДС), в нормативных документах содержатся рекомендации по организации стоянок на участках с минимальными параметрами плана и профиля, обеспечивающими видимость, а также по размещению стоянок относительно друг друга на встречных транспортных магистралях, перекрестках и т.д. Также приводятся необходимые элементы и планировка автобусных остановок, их конструктивные решения, основные размеры и линии, включая разметку, обустройство и внешнюю отделку. Ниже будут приведены примеры решений для автобусных остановок.

Как указано в постановлении Президента Республики Узбекистан от 2 февраля 2022 года № ПП-111 “О дополнительных мерах по дальнейшему развитию системы общественного транспорта города Ташкента” [1], «общественный транспорт-это сфера услуг, которая делает пассажиров ближе

друг к другу, что напрямую влияет на настроение населения». Исходя из спроса населения, предполагается открытие новых маршрутов, пересмотр существующих, реконструкция автобусных остановок [2].

Земельные участки, на которых будут размещены автобусные остановки, предоставляются во временное пользование предпринимателям на правах аренды посредством электронных онлайн-аукционов в целях осуществления предпринимательской деятельности в период пользования автобусной остановкой, заполнения остановок товарами УЗ и использования выделенных пассажирам площадей.

Конструктивные особенности и дизайн автобусных остановок

Автобусные остановки должны в первую очередь учитывать потребности пользователей (пассажиров). Так, учитывая это, автобусные маршруты располагаются в местах, где протекают наиболее удобные и короткие пути пешеходного движения, вблизи важных пунктов назначения или достопримечательностей, на пересечениях с другими маршрутами общественного транспорта, в местах расположения остановочных пунктов. При выборе мест расположения остановок учитывают то, что они должны располагаться на соответствующем расстоянии до следующей остановки (обычно 400-500 м). Планирование парковки и выборе типа остановочного пункта следует учитывать, что такие проекты часто пересекается с другими проектами. Общегородские проекты и транспортные стратегии могут играть важную роль в планировании и могут повлиять на график реализации проекта [3].

Новая конструкция предусматривает установку специального пандуса для лиц с ограниченными возможностями здоровья, установку «тактильных» табличек для обеспечения безопасности на границе проезжей части автомобиля, а также бесплатный доступ в интернет (4G Wi-Fi) на остановках; электронное табло с расписанием и временем прибытия автобусов; камеру наблюдения; сиденья национального ремесла или современного дизайна;

мусорные баки; кроме того, предусмотрена установка источника питания мобильных устройств.

Пример такой остановки приведен на рисунке 1. Проект этих остановок был разработан в сотрудничестве с Министерством транспорта и Министерством строительства, и было отмечено, что он будет одобрен мэрией.



Рис. 1. Просмотр проекта станций

В городе Ташкент есть хороший опыт организации остановок общественного транспорта, где была протестирована первая “умная остановка” с интерактивной информационной панелью, которая позволяет пассажирам не только узнать, где находится автобус, но и как долго нужно ожидать его прибытия на остановку. То есть пассажиры могут узнать время

отправления с предыдущей остановки и прибытия на нужную остановку общественного транспорта [4].



Рис. 2. Вид на умную остановку

Оснащение камерами слежения на автобусных остановках новой конструкции не только позволяет избежать неприятностей, но и обеспечивает качественное обслуживание пассажиров за счет оперативного анализа полученной информации, отслеживания движения автобусов, определения пассажиропотока.

Особенности организации умных остановок в странах мира

Рассмотрим страны, в которых установлены камеры на остановках общественного транспорта. Примером могут служить Россия, Южная Корея, США, Япония, Великобритания и другие страны. Наличие камеры, как правило, не только предотвращает нарушение правил и способствует выявлению нарушителей, но и позволяет применять адекватные и необходимые меры предосторожности в различных неприятных ситуациях. Время ожидания на автобусных остановках тратится на получение различных услуг: например, торговых, финансовых, информационных и рекламных, связанных с основными транспортными услугами. Остановки общественного транспорта и места сбора и распределения пешеходов и пассажиров становятся элементом социальной инфраструктуры, выполняющей не только коммерческие (торговля и услуги), но и социальные функции: образовательную (через социальную рекламу), личностного развития (через предоставление бесплатного доступа к Wi-Fi). В городских условиях

размещение автобусных остановок стильного дизайна в наиболее удобном месте становится требованием современности [5].

Подводя итог, можно сказать, что обновление автобусных остановок наряду с запуском современных видов пассажирского транспорта и ремонтом дорог, становится одной из важных задач: необходимо реконструировать инфраструктуру общественного транспорта, поскольку основная часть населения жилых районов использует автобусы и микроавтобусы, чтобы безопасно и с комфортом добраться до места назначения.

Рациональное и продуманное расположение остановок позволит повысить удовлетворенность пассажиров, повысить эффективность транспортной системы и внести свой вклад в общее развитие города.

Заключение

Организация системы общественного транспорта в городе Наманган требует комплексного подхода, включающего грамотное размещение и современное оформление остановочных пунктов. От качества проектирования и обустройства остановок зависит не только комфорт пассажиров, но и общая эффективность транспортной сети города.

Анализ действующих стандартов и практик показывает, что остановочные комплексы должны соответствовать требованиям безопасности, доступности и технологичности. В Намангане уже начата работа по модернизации остановок с установкой электронных табло, созданием удобных зон ожидания и обеспечением безбарьерной среды для маломобильных граждан.

Список использованных источников

1. Постановление Президента Республики Узбекистан от 2 февраля 2022 года № ПП-111 “О дополнительных мерах по дальнейшему развитию системы общественного транспорта города Ташкента” 2022 yil 2 fevral, PQ-111-son qarori

2. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 1 ноября 2017 года “Постановление” о концепции развития пассажирских перевозок в городе Ташкенте на период до 2030 года”.
 3. X Атахонов, М. Азамбоев, У. Хидиров, “Разработка и опробование программы по учету и финансовой отчетности по расходам топлива” [Экономика и Социум.](#), 2019, [6 \(61\)](#) YeISSN: 2225-1545.
 - 4.D.X.Купайсинов. І.Маннонов, У.Х.Хидиров. Важность альтернативных источников энергии в оперативном планировании грузоперевозок с учетом неравномерности характеристик транспортных средств, научно-технический журнал Намти том 6. №3 2021.
 5. Маннонов Джахангир Адашбаевич, Имамназаров Сарвар Ковыльянович, Исмаилов Хасанбой Абдували оглы, Хидиров Улугбек Хабибуллаевич. [“Современная технология поверхностной закалки, применяемая к деталям автомобиля”](#). - Nveo-Natural Volatiles & Essential Oils, 2021 г.
-

Imomnazarov Sarvar Koviljonovich, PhD, Associate Professor. Namangan State Technical University, Uzbekistan

*Makhmudov Avazbek Akramjon ugli, Lecturer. Namangan State Technical University, Uzbekistan
(94 2703612 sarvar199108@gmail.com)*

PLACEMENT AND DESIGN OF PUBLIC TRANSPORT STOPS WHEN ORGANIZING TRANSPORTATION IN THE CITY OF NAMANGAN

Abstract: This article examines the process of organizing passenger transportation by public transport. It is shown that information on the placement and design of stops is one of the important issues when designing a route network. The features of the placement of bus stops and their specificity in the conditions of the city of Namangan are given. It is shown that bus stops are still a place of frequent visits for most citizens. The article presents regulatory provisions, and on their basis, proposals and recommendations are put forward for the development of measures to create a multifunctional stop that meets modern requirements.

Keywords: bus stop, universal design, public transport, bus shelter, people with limited mobility.

УДК: 656.05

Имомназаров Сарвар Ковилжонович, PhD, доцент. Наманганский государственный технический университет, Узбекистан

Насриддинов Азизбек Шамсиддинович, PhD, доцент. Наманганский государственный технический университет, Узбекистан

Махмудов Авазбек Акрамжон угли, преподаватель. Наманганский государственный технический университет, Узбекистан

*Нишионов Фарход Элмурод угли, преподавател. Наманганский государственный технический университет, Узбекистан
(99 5227272 avazbek.makhmudov.2017@mail.ru)*

ЛОКАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Аннотация: В данной статье рассмотрены особенности светофорного регулирования в Узбекистане. Показано, что при решении задач организации дорожного движения наличие сигнала светофора на перекрестке должно обеспечивать адекватное обслуживание участников дорожного движения. Время, необходимое для проезда этого перекрестка, определяется такими показателями, как уровень безопасности, который должен сводить к минимуму вероятность аварии.

Ключевые слова: транспорт, транспортное средство, пешеход, дорога, безопасность движения, водитель, регион, дорожно-транспортное происшествие, светофор, регулировщик, скорость.

Введение

Необходимость управления транспортными потоками возникла во всем мире в начале XX века с появлением и развитием автомобильной промышленности. С тех пор ученые из разных стран внесли значительный вклад в теорию транспортных потоков и теорию управления ими. В связи с потребностью человечества разработано большое количество алгоритмов управления и методов описания транспортных потоков.



Рис. 1. Уличное движение в начале XX века

Система управления транспортными потоками является классическим примером сложной системы со следующими особенностями:

1. Наличие общей цели управления для системы.
2. Большие размеры по выполняемым функциям и количеству частей.
3. Сложное, вероятностное и динамическое поведение, проявляемое во взаимозависимости подсистем и требующее обратной связи во время управления.
4. Необходимость автоматизации высшего управления.

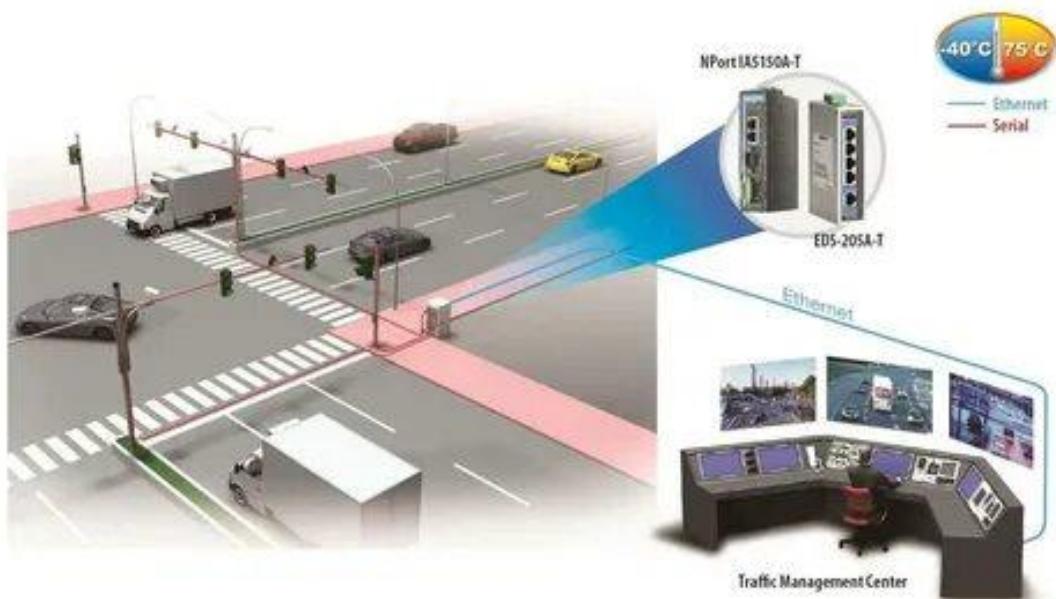


Рис. 2. Автоматизированное управление дорожным движением
Процессы управления перекрестками

Перечисленные особенности системы управления определяются особенностями процессов движения транспортных потоков по улично-дорожной сети, непосредственно по перекресткам и переходам.

Управление транспортным потоком является сложным процессом, поскольку под ним понимается не отдельное управление транспортными средствами, управление действиями живых водителей этих транспортных средств, выполняющих в своем движении по транспортной сети определенные цели и задачи, не соответствующие целям управления ТО.

Управление транспортными потоками осуществляется посредством светофорной сигнализации, в соответствии с сигналами которой определяется порядок прохождения встречных направлений. Поэтому сигнализация светофора является основным элементом управляющего воздействия на транспортный поток.

Использование светофорного регулирования на перекрестках создает такие преимущества, как снижение количества дорожно-транспортных происшествий и повышение безопасности движения. Однако использование светофоров часто приводит к увеличению транспортных задержек, поэтому снижение этих задержек является второстепенной управленческой целью. Кроме того, светофорное регулирование при правильной длительности фаз достигает и других целей на перекрестках.

1. Максимальное увеличение пропускной способности перекрестков, магистралей и улично-дорожной сети в целом;
2. Сокращение времени передвижения транспортных средств между районами города;
3. Снижение транспортных задержек на перекрестках и, как следствие, экономических потерь в результате отказа транспортного средства;
4. Повышение безопасности дорожного движения;
5. Снижение вредного воздействия транспортной системы на окружающую среду;
6. Повышение скорости сообщения;

7. Уменьшение количества остановок.

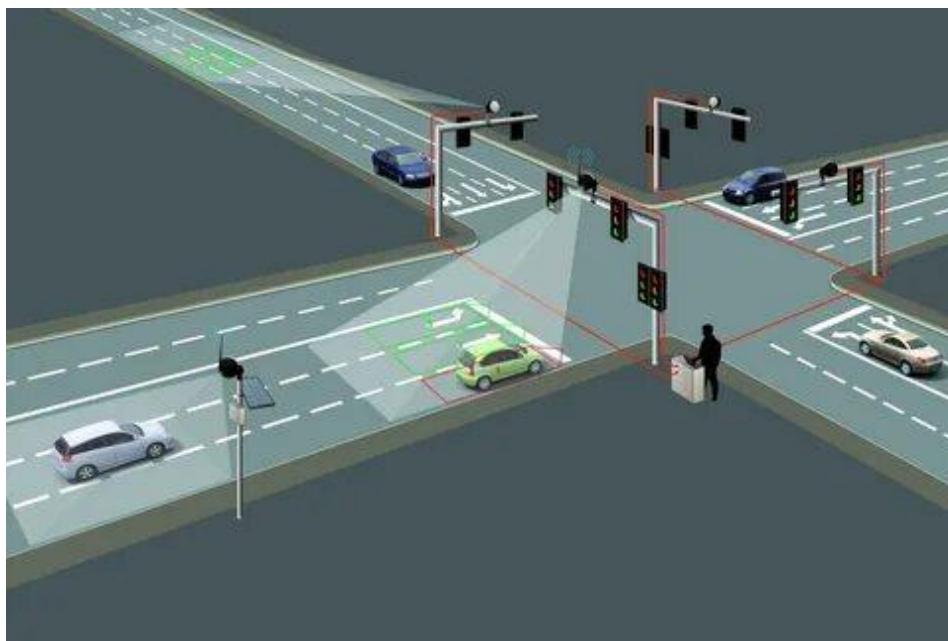


Рис. 3. Перекрёсток, оснащённый современными средствами контроля
Локальное светофорное регулирование и его разновидности

Для достижения поставленных целей разработано множество широко применяемых современных методов светофорного регулирования, в том числе с использованием современных методов и искусственного интеллекта. В соответствии с источниками все методы управления системой светофорного регулирования можно разделить на локальные и сетевые. Локальные методы применяются на одном отдельном перекрестке. Методы управления сетью применяются при наличии нескольких взаимосвязанных перекрестков улично-дорожной сети. В данной работе наибольший интерес представляет вопросы, связанные с локальным управлением перекрестками.

По характеру управления методы управления подразделяются на следующие группы:

- гибкие методы;
- жесткие методы.

Характерной особенностью гибких методов является их адаптивность к изменениям дорожных условий на перекрестке, а управляющие параметры определяются на основе фактических данных об объекте управления.

Методы жесткого управления имеют строго циклический характер и зависят от постоянно изменяющихся параметров транспортного потока. Для жестких методов управляющие параметры предварительно рассчитываются на основе исходных данных об условиях движения на перекрестке.

Выводы

Применение современных методов светофорного регулирования позволяет решить проблемы безопасности и эффективной работы транспортной системы города.

Список использованных источников

1. К.Х.Азизов. Основы организации безопасности движения.-Т., "Фан ва технология," 2009, с-44.
2. Имомназаров С. К. и др. Участие общественности в обеспечении безопасности движения //Экономика и сотсиум. – 2021. – №. 5-1. – С. 939-942.
3. Шохрух Охунжон Угли Абдуганиев, Азизбек Шамсиддинович Насридинов, “Анализ и отценка дорожно-транспортных происшествий (пдд) в обеспечении безопасности дорожного движения” универсум: технические науки, 2023.
4. Imomnazarov S.K., Nasriddinov A.Sh., Razokov A.Ya. Application of Intelligent Systems in Cars // International Journal of Innovative Analyses and Emerging Technology. 2021 ISSN: 2319-7064 – P. 78–80.
5. “Положение о порядке инструктажа автоперевозчиком водителей по вопросам безопасности дорожного движения (зарегистрировано Министерством юстиции 13 мая 2014 г. № 2582).
6. A study of traffic capacity / Greenshields B.D. // Proc. (US) Highway Research Board. 1934. Vol. 14. pp. 448 – 494.

7. Математическое моделирование загрузки транспортных сетей/ В.И. Швесов, А.С. Алиев. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 64 с.
 8. Моделирование дорожного движения: учебное пособие для студентов специальности 190702 «Организация и безопасность движения» очной формы обучения / А. В. Косолапов – Электрон. – Кемерово: КузГТУ, 2012.
 9. Организация дорожного движения: учеб. для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. / Клинковштейн Г. И., Афанасев М. Б. – М: Транспорт, 2001 – 247 с.
 10. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие [Текст] / А.В. Гасников [и др.]; под ред. А.В. Гасникова. – М.: МФТИ, 2010. – 360 с.
-

Imomnazarov Sarvar Koviljonovich, PhD, Associate Professor. Namangan State Technical University, Uzbekistan

Nasriddinov Azizbek Shamsiddinovich, PhD, Associate Professor. Namangan State Technical University, Uzbekistan

Makhmudov Avazbek Akramjon ugli, Lecturer. Namangan State Technical University, Uzbekistan

*Nishonov Farhod Elmurod ugli, Lecturer. Namangan State Technical University, Uzbekistan
(995227272 avazbek.makhmudov.2017@mail.ru)*

LOCAL WAYS OF TRAFFIC LIGHT CONTROL

Abstract: This article examines the features of traffic light regulation in Uzbekistan. It is shown that when solving the problems of traffic organization, the presence of a traffic light signal at an intersection should ensure adequate service for road users. Such indicators determine the time required to pass this intersection as the level of safety, which should minimize the likelihood of an accident.

Keywords: transport, vehicle, pedestrian, road, traffic safety, driver, region, traffic accident, traffic light, traffic controller, speed.

УДК 681.515

Киреев И.Ю., кандидат технических наук, доцент, Луганский Государственный университет имени Владимира Даля igkireev@gmail.com.

Рубаник И.А., ассистент, Луганский Государственный университет имени Владимира Даля rubanik1369@gmail.com.

Глухова Т.Л., ассистент, Луганский Государственный университет имени Владимира Даля gluhovat@list.ru

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ЧАСТИ ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ И НАЗЕМНЫХ
АВТОНОМНЫХ РОБОТОВ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ
ОСВЕЩЕННОСТИ**

Аннотация: В статье представлена разработка программно-аппаратной части для исследования средств технического зрения и наземных автономных роботов в различных условиях освещенности построенной с использованием модели мобильного робота производства ООО Applied Robotics из робототехнического комплекта «КПМИС «Смарт системы»» и камеры TrackingCam v3. Для осуществления экспериментальных исследований влияния освещенности на характеристики НАР было предложено использовать метод натурных испытаний для чего было разработано программное обеспечение НАР с использованием СТЗ построенной на основе камеры TrackingCam v3, проведены испытания с использованием комплекта полей для соревнований по техническому зрению и робототехнике, выявлены недостатки и разработаны пути их преодоления. По результатам работы были предложены дальнейшие действия по увлечению эффективности использования НАР.

Ключевые слова: Наземный автономный робот (НАР), система технического зрения (СТЗ), программируемый контроллер.

В соответствии с ГОСТ Р 22.0.05-94 “Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Общие требования”, приоритетом является сохранение жизни и здоровья людей, включая спасателей при проведении мероприятий связанных с ликвидацией чрезвычайных ситуаций, также ГОСТ Р 22.3.03-94 “Защита населения. Основные положения” подчеркивает необходимость обеспечения эффективного реагирования на ЧС любого масштаба, что требует использования современных технологий, к которым относятся использование наземных автономных роботов (НАР) [1, 2].

В свою очередь в обеспечении автономности НАР ключевую и незаменимую роль играют средства технического зрения (СТЗ). Фактически, без развитой системы технического зрения полноценная автономность НАР невозможна. СТЗ позволяют работу “видеть” и понимать окружающий мир, что необходимо для решения широкого спектра задач, связанных с автономным движением, взаимодействием с объектами и принятием решений.

Вклад СТЗ в обеспечение автономности и функциональности НАР можно разделить на следующие части:

1. Восприятие окружающей среды (Environment Perception):

- Обнаружение и классификация объектов [3];
- Построение карт местности (Mapping) и локализация;

2. Навигация и управление движением (Navigation and Motion Control):

- Автоматическое движение по маршруту (Path Following) [4];
- Автономное избегание препятствий (Obstacle Avoidance);
- Визуальная навигация (Visual Navigation).

3. Взаимодействие с объектами (Object Interaction):

- Обнаружение и распознавание объектов для манипуляций;
- Визуальное управление манипулятором;

4. Принятие решений (Decision Making):

- Анализ визуальной информации для оценки ситуации.

Типичные компоненты системы технического зрения НАР включают в себя камеры, датчики глубины, вычислительные блоки, программное обеспечение.

Учитывая вышесказанное можно заключить что от того на сколько СТЗ подвержены влиянию окружающих условий в значительной степени зависит эффективность использования НАР.

Таким образом цель данной статьи представить разработку программно-аппаратной части для исследования использования СТЗ и НАР, построенных с использованием модели мобильного робота производства ООО Applied Robotics

из робототехнического комплекта «КПМИС «Смарт системы»» и камеры TrackingCam v3. в различных условиях освещенности.

Прежде всего рассмотрим характеристики модуля TrackingCam v3: и сравним их с используемыми для подобных целей СТЗ.

Модуль технического зрения TrackingCam v3 представляет собой единое устройство, состоящее из системы на плате (вычислительного модуля, состоящего из микропроцессора, блока оперативной и энергонезависимой памяти), интегрированной с светочувствительной матрицей и объективом. Внешний вид модуля представлен на рис1.



Рис.1 Внешний вид модуля TrackingCam v3.

Названия и характеристики основных СТЗ среднего класса используемых в НАР приведены в таблице 1. В таблице 2 приведен расширенный список характеристик СТЗ на базе TrackingCam v3.

Таблица 1 - СТЗ используемые в НАР

Характеристика	Pixy Cam 2	OpenMV Cam M7/H7	OpenCV + USB-камера/Raspberry Pi Camera	Промышленные с трекингом
Основные функции	Распознавание цвета, объектов, линий, штрихкодов	Распознавание объектов, лиц, трекинг, ML	Гибкость в реализации любых алгоритмов	Высокоточный трекинг, промышленные задачи
Процессор	Специализированный процессор	ARM Cortex-M7	Зависит от используемого компьютера/платы	Зависит от модели

Интерфейсы	UART, I2C, SPI, USB	USB, UART, SPI, I2C, Ethernet (не все модели)	USB, GPIO (Raspberry Pi)	Зависит от модели
Разрешение камеры	Невысокое (например, 640x400)	Достаточно высокое (например, 640x480 и выше)	Зависит от используемой камеры	Зависит от модели
Скорость обработки	Высокая (аппаратная обработка)	Зависит от сложности алгоритма	Зависит от мощности компьютера	Высокая
Простота использования	Очень простая интеграция с робототехническими платформами	Требует программирования на Python/C++	Требует программированния на Python/C++	Зависит от модели
Примерная стоимость	От 50\$ до 100\$	От 60\$ до 200\$	От 20\$ (USB-камера) + плата (например, 35\$ за Raspberry Pi)	От нескольких сотен до тысяч долларов

Таблица 2 - Характеристики модуля TrackingCam v3.

Страна-изготовитель	Россия
Матрица	Omni Vision 7725, 1/4"
Разрешение матрицы	640x480 пикселей
Кадровая частота	До 30 кадров в секунду
Процессор	STM32f407 - ARM Cortex M4 168 МГц
Объем ОЗУ	168 Кбайт
Объем флеш-памяти	512 Кбайт
Тип оптики	Стандартная на держатель M12
Углы обзора объективов по горизонтали	От 45 до 75 градусов (в зависимости от используемого объектива)
Углы обзора объективов по вертикали	До 47 градусов (в зависимости от используемого объектива)
Потребляемая мощность	1 Вт
Напряжение питания	5-12 В
Поддержка интерфейсов	I2C, UART, SPI, Dynamixel, USB
Разъемы	IDC 10 выводов
Поддерживаемые уровни напряжения портов ввода-вывода	3.3В, 5В
Глубина цвета	8bit
Количество одновременно распознаваемых одинаковых цветовых областей	До 255
Количество запоминаемых образов	До 10 цветных областей и до 5 составных объектов

Количество цветных областей в составном объекте	От 1-ой до 3 -х
Признаки распознаваний цветных областей	Яркость, цвет, площадь, округлость, выпуклость, инерция
Признаки составных объектов	Положение и тип основной цветной области, взаимное положение и ориентация цветных областей
Поддержка синхронизации нескольких телекамер между собой	Присутствует, аппаратная с точностью $\pm 1\text{мс}$
Максимальное качество видеопотока на ПК	Разрешение 640x480 пикселей при частоте до 30 кадров в секунду
Поддерживаемые ОС	Windows, Linux
Габариты (ШxВxГ)	38 мм x 38 мм x 32 мм

Проведя сравнительный анализ основных параметров элементов СТЗ используемых в НАР и TrackingCam v3 можно сделать заключение об их идентичности, что позволит использовать результаты данного исследования в работе с другими подобными СТЗ.

Для осуществления экспериментальных исследований влияния освещенности на характеристики НАР было предложено использовать метод натурных испытаний с использованием модели мобильного робота производства ООО Applied Robotics из робототехнического комплекта «КПМИС «Смарт системы»» и комплекта полей для соревнований по техническому зрению и робототехнике.

В составе набора «КПМИС «Смарт системы»» входят следующие компоненты:

- Ультразвуковой датчик – 2шт.
- Инфракрасный датчик – 2шт.
- Двигатель постоянного тока – 2шт.
- Сервопривод большой (для схваты) – 2шт.
- Программируемый контроллер ESP-LITE-AR – 1шт.
- Камера TrackingCam v3 с предустановленным ПО – 1шт.

Робототехнический контроллер ESP-Lite-AR представляет собой аппаратную платформу, оснащенную в качестве вычислительного ядра микроконтроллером ESP32-WROVER, который обладает встроенными беспроводными интерфейсами

Wi-Fi и Bluetooth, что позволяет реализовывать управление по беспроводным каналам связи.

Модуль TrackingCam v3 поставляется с уже загруженным образом операционной системы, установленным программным обеспечением и готовым к работе который можно подключить к контроллеру управления ESP-LITE-AR как используя 3x- пиновый разъем 1-wire TTL обмена данными по протоколу Dinamixel так и с Wi-Fi подключением [5].

Программное обеспечение необходимое для проведения исследований делится на две части, а именно часть, загружаемая в модуль ESP-Lite-AR и ПО предустановленное в модуле TrackingCam v3.

Рассмотрим ПО предустановленное в модуле TrackingCam v3.

Доступ к интерфейсу ПО обеспечивается по ссылке: <http://trackingcam3.local> при подключённом к компьютеру кабеле USB. После подключения будет доступно 6 вкладок, а именно: Blob Detector, Aruco Marker, Calibration, Position, Line Detector, Circle Detector.

Нас будут интересовать вкладки Распознавание областей (Blob Detector), Калибровка модуля технического зрения (Calibration) и настройка модуля.

В части Blob Detector настройка модуля сводится к заданию цветовых и морфологических признаков распознаваемой цветной области. Зная цветовые признаки распознаваемой области можно легко выявить ее на исходном изображении, путем сравнения цветовых параметров каждого пикселя изображения с признаками распознаваемой области. Модуль TrackingCam v3 способен распознавать 5 комплексных объектов одновременно.

Калибровка обеспечивает получение двух видов параметров:

- Внутренних параметров камеры (фокусного расстояния, оптического центра, коэффициента радиального искажения объектива);
- Внешних параметров (параметров, связанных с ориентацией камеры относительно какой-то глобальной системы координат).

Вкладка настройка модуля отвечает за переключение режимов передачи данных на дополнительные платы, в нашем случае на ESP-Lite-AR подключение будет осуществляться по 1-wire TTL интерфейсу.

Далее рассмотрим ПО которое необходимо установить на модуль управления НАР.

Для работы с модулем технического зрения необходимо использовать библиотеку TrackingCamDxl которая загружается по ссылке http://appliedrobotics.ru/?page_id=633 и устанавливается в Arduino IDE.

После подключения к модулю управления НАР данная библиотека позволяет модулю TrackingCam v3 выводить в serial-порт следующие строки:

- Первый столбец отвечающий за номер блоба от 0 до 4;
- Второй столбец отвечает за координату X блоба;
- Третий столбец отвечает за координату Y блоба;
- Четвертый столбец показывает площадь блоба в пикселях.

Алгоритм управления НАР достаточно прост и состоит в следующем:

- Читается информация с TrackingCam v3;
- Идет обработка полученной информации и в зависимости от полученных данных, подаются команды на двигатели постоянного тока (команды генерируются, ориентируясь на следующий алгоритм: если блоб находится по центру и его площадь меньше чем нужно, то НАР движется вперед. Если же блоб находится правее или левее центра, то платформа начнет поворачиваться направо или налево соответственно).

Таким образом используя описанные выше устройства и алгоритмы было собрано НАР оснащенное СТЗ.

Проведены испытания используя комплект полей для соревнований по техническому зрению и робототехнике которые представляют собой полотна размером 2000*1500 белого цвета на которых нанесены траектории движения НАР трех цветов, черного, зеленого и красного и траектории, построенные из различных фигур.

По результатам испытаний установлено что для стабильной работу НАР устройство необходимо дооснастить дополнительным истопником питания.

Также выяснилось, что штатное крепление СТЗ не обеспечивает устойчивое функционирование НАР.

Этот факт потребовал разработки дополнительного приспособления крепления TrackingCam v3 с возможностью изменения положения последней.

НАР с дополнительным приспособлением изображено на рис. 2.

Таким образом проделанная работа позволила подготовить программно-аппаратные части для исследования использования СТЗ и НАР, построенных с использованием модели мобильного робота производства ООО Applied Robotics из робототехнического комплекта «КПМИС «Смарт системы»» и камеры TrackingCam v3. в различных условиях освещенности.

Для дальнейших исследований необходимо дооснастить зону испытаний прибором для измерения освещенности, спланировать эксперимент и провести его.

Полученные данные позволяют выработать рекомендации по увеличению эффективности использования НАР.

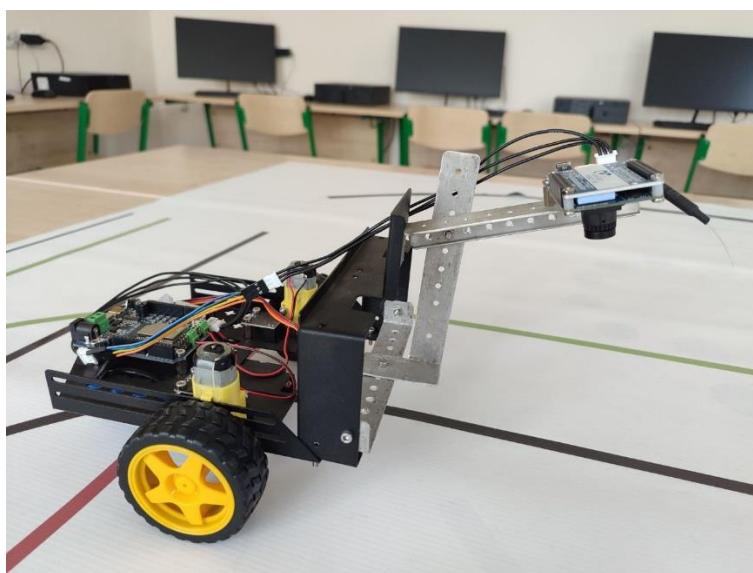


Рис. 2. НАР с дополнительным приспособлением крепления СТЗ.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 22.0.05-94 “Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Общие требования” Издание официальное Москва Российский институт

стандартизации, 117418 Москва, Нахимовский пр -т, д. 31. к. 2. www .gostinfo.ru inf@gostforu, 2021 г.

2. ГОСТ Р 22.3.03-94 “Защита населения. Основные положения” Издание официальное Москва Российский институт стандартизации, 117418 Москва, Нахимовский пр -т, д. 31 .к .2 . www.gostinfo.ru inf@gostforu, 2021 г.
3. “Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks” (Ren, He, Girshick, Sun, 2015)]. – режим доступа URL: <https://arxiv.org/abs/1506.01497>. (дата обращения 10.3.2025)
4. “Model predictive control for autonomous systems” (Camacho & Alba, 2013)
5. Модуль технического зрения TrackingCam v3 [Электронный ресурс]. – режим доступа URL: <https://appliedrobotics.ru/> / (дата обращения 10.3.2025)

Kireev I.Yu., PhD in Engineering, Associate Professor, Vladimir Dahl Luhansk State University.

Rubanik I.A., Assistant, Vladimir Dahl Luhansk State University.

Glukhova T.L., Assistant, Vladimir Dahl Luhansk State University.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND HARDWARE FOR THE RESEARCH OF MACHINE VISION MEANS AND GROUND AUTONOMOUS ROBOTS IN VARIOUS LIGHTING CONDITIONS

Abstract. The article presents the development of software and hardware for the study of technical vision tools and ground autonomous robots in various lighting conditions built using a model of a mobile robot manufactured by Applied Robotics LLC from the robotic kit "KPMIS "Smart Systems"" and the TrackingCam v3 camera. To carry out experimental studies of the effect of illumination on the characteristics of the NAR, it was proposed to use the method of full-scale tests, for which the NAR software was developed using the SVS built on the basis of the TrackingCam v3 camera, tests were carried out using a set of fields for competitions in technical vision and robotics, shortcomings were identified and ways to overcome them were developed. Based on the results of the work, further actions were proposed to increase the efficiency of using the NAR.

Keywords. Ground autonomous robot (GAR), machine vision system (MVS), programmable controller.

УДК 656.138

Кацуба Ю.Н., кандидат технических наук., доцент, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, СПБ, Россия, katsuba60@mail.ru

Кочегаров М.Е., Аспирант, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, СПБ, Россия., mishutka99@bk.ru

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТЯГОВОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА

Аннотация. Существует объективная проблема определения текущей работоспособности и остаточного ресурса тяговой аккумуляторной батареи (АКБ) электромобиля на который оказывают значительное влияние внешние факторы: температура окружающей среды, рельеф местности, оценка дорожного покрытия, технология зарядки, квалификация водителя. В данной статье рассмотрены методы определения остаточного ресурса (RUL) и текущей работоспособности (SOH) тяговой АКБ электромобиля. Предложена методика определения работоспособности и остаточного ресурса тяговой АКБ электромобиля на основе нейросетевого подхода, учитывающая внешние факторы.

Ключевые слова: диагностирование; тяговая аккумуляторная батарея; оценка SOH; прогнозирование RUL; прогноз состояния аккумулятора.

Введение

В современном автомобильном трафике с каждым годом становится все больше транспортных средств с приводом от электродвигателя, это как различные варианты гибридов, так и полностью электрические автомобили [1-3]. В данных транспортных средствах, для хранения и накопления энергии применяется тяговая аккумуляторная батарея (АКБ). В основном производители отдают предпочтение литий-ионным аккумуляторам различной конструкции, из-за их высокой плотности энергии, длительного времени цикла, низкими показателями саморазряда и т.д [4].

Однако в процессе эксплуатации транспортного средства литиевые аккумуляторы могут подвергаться деградации, что уменьшает их показатель работоспособности (State of Health (SOH)) рис.1 [5].

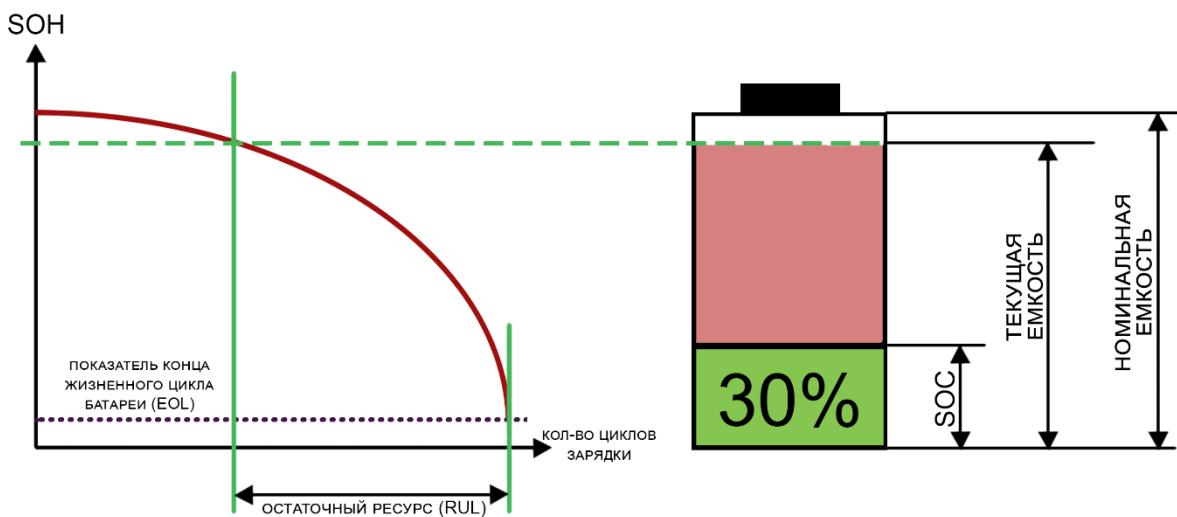


Рис. 1. Соотношение SOH и RUL от количества циклов зарядки [5]

Показатель остаточного ресурса (Remaining useful life (RUL)) можно вычислить по методу циклов заряд-разряда [5].

$$RUL = N_{max} - N_{текущее}. \quad (1)$$

Где: N_{max} – максимальное число циклов до конца срока службы (из спецификации или эксперимента);

$N_{текущее}$ – текущее количество отработанных циклов.

Показатель SOH технического состояния АКБ, является условным, и каждый производитель его считает по-своему, и при расчетах по методу на основе SOH и деградации ёмкости, не учитывается различные внешние факторы. Также показатель уровня заряда (State of charge (SOC)) зависит от зависимостей $C_{текущая}$ от $C_{номинальная}$ [5].

$$SOC = \frac{C_{текущая}}{C_{номинальная}} \times 100\%. \quad (2)$$

$$SOH = \frac{Q_{max}}{Q_{номинальная}} \times 100\%. \quad (3)$$

Где: Q_{max} – максимально доступная ёмкость;

$Q_{номинальная}$ – номинальная ёмкость.

Существующие подходы к диагностированию сосредоточены преимущественно на контроле внутренних параметров, таких как остаточная

ёмкость, внутреннее сопротивление, количество зарядно-разрядных циклов и температура ячеек. Этой, информации как показывают научные исследования в данном направлении [4-11], недостаточно для формирования полной и объективной оценки технического состояния тяговой АКБ.

При диагностировании тяговой АКБ электромобиля важно учитывать не только её внутренние характеристики при определении SOH и остаточного ресурса, но и внешние факторы, которые могут оказывать существенное влияние на состояние и срок службы батареи.

Прежде всего, необходимо отметить, что в ходе эксплуатации внешняя среда оказывает непосредственное влияние на функционирование аккумулятора. Так, например, температурные условия играют критически важную роль: работа батареи в условиях низкой температуры значительно увеличивает её внутреннее сопротивление, снижая эффективность, тогда как высокая температура ускоряет химическую деградацию, снижая общий срок службы [7].

Кроме того, немаловажное значение имеет стиль вождения электромобиля. Частые ускорения, торможения, движение по пересечённой местности или в гористой местности приводят к возрастанию нагрузки на батарею, что приводит к перегреву и ускоренной деградации. Также стоит учитывать и условия заряда АКБ. Так при применении протокола быстрой зарядки, особенно при высоких температурах, ускоряет деградацию АКБ по сравнению со стандартной медленной зарядкой в более штатных условиях [9].

Таким образом, становится очевидно, что без учета внешних факторов при диагностировании тяговой АКБ показатель SOH будет неполный, а прогнозирование остаточного ресурса будет не корректно. Только комплексный подход, включающий как внутренние параметры батареи, так и внешние условия эксплуатации, позволяет провести качественное диагностирование. Это, в свою очередь, способствует более точному прогнозированию остаточного ресурса, своевременному выявлению потенциальных проблем и повышению общей эксплуатационной надежности электромобиля. Математическое моделирование данных параметров затруднено ввиду нелинейности процессов. В данном

случае, возможно, решить поставленную задачу, если применить нейросетевой подход. Так обученная нейронная сеть (НС) позволяет найти скрытые зависимости, одной величины от другой, которые невозможно определить методами прямых измерений.

Материалы и методы

Процесс диагностирования аккумуляторных батарей на транспортном средстве является ключевым фактором повышения надежности и эффективности эксплуатации. Современные технологии на основе искусственного интеллекта (ИИ) с применением машинного обучения (МО) позволяют более точно определять показатель текущей SOH тяговой АКБ. Применение данных технологий позволяют получать данные об остаточном ресурсе тяговой АКБ, чтобы оптимизировать обслуживание и снизить эксплуатационные затраты [10].

Для данного исследования была разработана структурная схема диагностирования тяговой АКБ, представленная на рис. 2.

На схеме показана блочная структура, состоящая из следующих элементов:

- блок ЭБУ ТС для контроля показателей работоспособности тяговой АКБ автономно на самом ТС;
- блок учета влияния внешних факторов;
- внешний вычислительный блок (ВВБ) представлен в виде внешнего хранилища и вычислительной машины.

Все блоки связаны между собой и способны обмениваться информацией по Vehicle-to-everything (V2X). Такая архитектура позволяет с внешнего устройства запросить информацию о техническом состоянии АКБ ТС и путем обмена информации по защищенным каналам связи получить информацию с сервера, а информация непосредственно с ТС, поступает на сервер для ее дальнейшей обработки.

В блок внешнего вычислительного устройства интегрирован блок на основе нейросетевого подхода, который предназначен для сбора и обработки параметров внешних факторов.

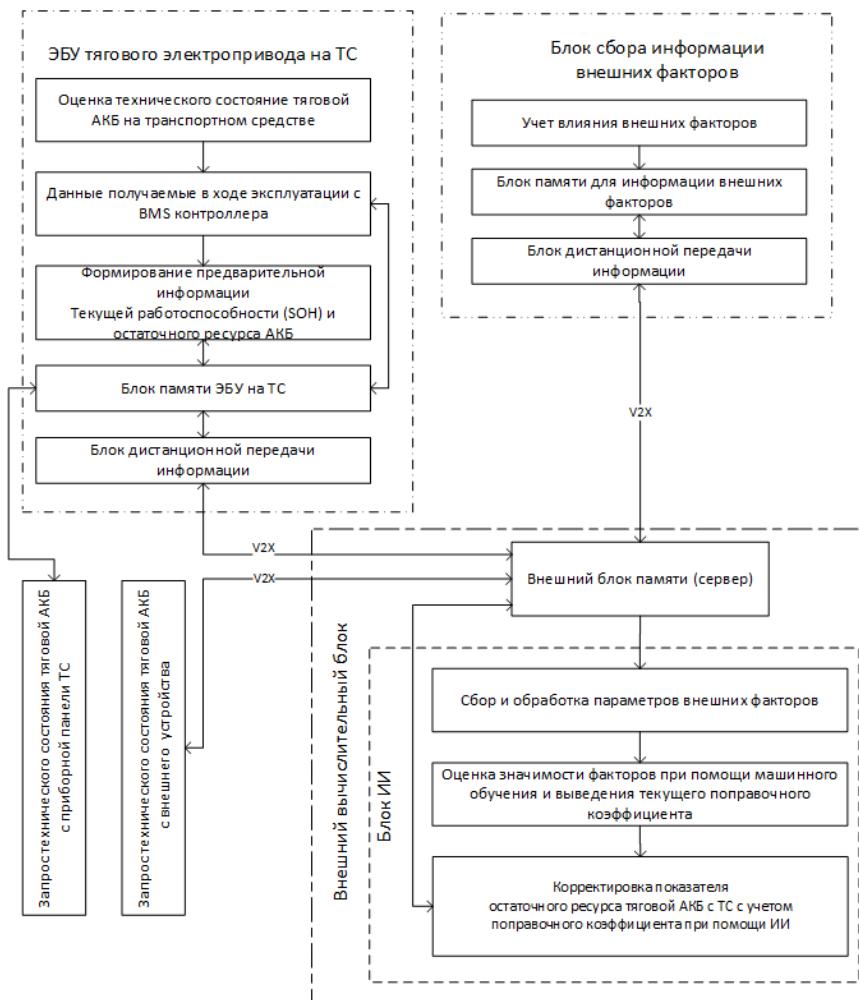


Рис. 2. Структурная схема диагностирования тяговой АКБ [Составлено авторами]

Данные показатели значимости внешних факторов и их оценка, проводится путем применения метода ранжирования. На основе полученной информации будет происходить обучение нейронной сети, с целью научить ИИ, вычислять поправочный коэффициент для корректировки показателя остаточного ресурса. Благодаря обученной нейронной сети появляется возможность найти скрытые зависимости, одной величины от другой, которые невозможно определить методами прямых измерений. В дальнейшем полученная информация записывается в ВВБ на сервере, доступ к которой, при необходимости, можно получить как на самом ТС, так и с внешнего устройства.

В свою очередь, текущий и промежуточный контроль значений параметров работоспособности на ТС позволяет осуществить прогнозирование технического состояния АКБ в конкретном временном интервале. Точность прогноза зависит от

обучающей выборки, количества слоев НС, вида связей между слоями, выбора функции активации, а также от ряда других факторов.

Ниже представлена разработанная для решения поставленной задачи алгоритм последовательности диагностирования тяговой АКБ с учетом внешних факторов и применением нейронных сетей рис.3.

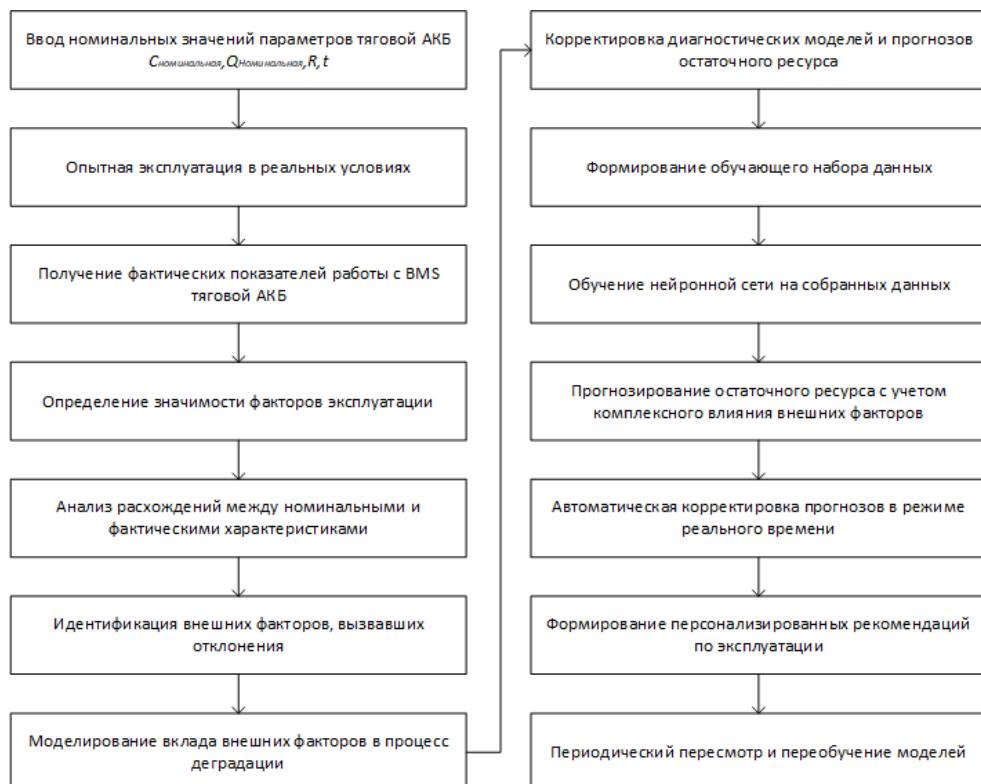


Рис. 3. Алгоритм диагностирования тяговой АКБ [Составлено авторами]

Выводы

Таким образом, проведённым исследованием было установлено, что тяговые АКБ играют критически важную роль в общей системе оценки технического состояния ТС с электрическим приводом. Как показал анализ, преждевременный выход из строя тяговой АКБ может повлечь за собой отказ, значительные экономические издержки, в том числе связанные с ремонтом, с дорогостоящей заменой батареи и простоем ТС. В связи с этим становится очевидным, что вопросы диагностирования тяговых АКБ требуют комплексного и системного подхода. В представленной статье акцент сделан на ключевых направлениях, в рамках которых будет продолжено дальнейшее исследование. В частности, внимание будет уделено вопросам оценки работоспособности SOH и прогнозированию остаточного ресурса

(RUL) с учётом влияния внешних факторов, таких как температурный режим, стиль вождения, режимы зарядки и т. д. Для обеспечения точности и своевременности определения технического состояния тяговой АКБ предполагается применение современных методов анализа данных, на основе нейросетевой подход, что позволит минимизировать риски внезапных отказов и оптимизировать затраты на обслуживание и ремонт ТС.

Список использованных источников

1. Сегмент SUV захватил лидерство в парке электрокаров и гибридов [Электронный ресурс] // Автостат: сайт. – URL: <https://www.autostat.ru/infographics/58503/> (дата обращения: 15.04.2025)
2. В России зарегистрировано 90 тысяч электрокаров и гибридов [Электронный ресурс] // Автостат: сайт. – URL: <https://www.autostat.ru/infographics/58435/> (дата обращения: 15.04.2025)
3. Продажи электромобилей в России [Электронный ресурс] // Автостат: сайт. – URL: <https://www.autostat.ru/infographics/57785/> (дата обращения: 15.04.2025)
4. Sadegh Kouhestani, H., Yi, X., Qi, G., Liu, X., Wang, R., Gao, Y., Yu, X., & Liu, L. (2022). Prognosis and Health Management (PHM) of Solid-State Batteries: Perspectives, Challenges, and Opportunities. Energies, 15(18), 6599. <https://doi.org/10.3390/en15186599>
5. Zhao, J., Zhu, Y., Zhang, B., Liu, M., Wang, J., Liu, C., & Hao, X. (2023). Review of State Estimation and Remaining Useful Life Prediction Methods for Lithium–Ion Batteries. Sustainability, 15(6), 5014. <https://doi.org/10.3390/su15065014>
6. Akbar, K., Zou, Y., Awais, Q., Baig, M. J. A., & Jamil, M. (2022). A Machine Learning-Based Robust State of Health (SOH) Prediction Model for Electric Vehicle Batteries. Electronics, 11(8), 1216. <https://doi.org/10.3390/electronics11081216>
7. Huang, S.-C., Tseng, K.-H., Liang, J.-W., Chang, C.-L., & Pecht, M. G. (2017). An Online SOC and SOH Estimation Model for Lithium-Ion Batteries. Energies, 10(4), 512. <https://doi.org/10.3390/en10040512>

8. X. Cui and T. Hu, "State of Health Diagnosis and Remaining Useful Life Prediction for Lithium-ion Battery Based on Data Model Fusion Method," in IEEE Access, vol. 8, pp. 207298-207307, 2020, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3038182>
9. Ming-Feng Ge, Yiben Liu, Xingxing Jiang, Jie Liu, A review on state of health estimations and remaining useful life prognostics of lithium-ion batteries, Measurement, 174, 2021, 109057, ISSN 0263-2241, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109057>
10. Kocsis Szürke, S., Sütheö, G., Apagy, A., Lakatos, I., & Fischer, S. (2022). Cell Fault Identification and Localization Procedure for Lithium-Ion Battery System of Electric Vehicles Based on Real Measurement Data. Algorithms, 15(12), 467. <https://doi.org/10.3390/a15120467>
11. Natthida Sukkam, Thossaporn Onsree, Nakorn Tippayawong; Overview of machine learning applications to battery thermal management systems in electric vehicles. AIP Conf. Proc. 17 November 2022; 2681 (1): 020004. <https://doi.org/10.1063/5.0115829>
-

Katsuba Y.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia, katsuba60@mail.ru

Kochegarov M.E., Postgraduate Student, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia., mishutka99@bk.ru

A METHOD FOR DETERMINING THE OPERABILITY (SOH) AND RESIDUAL RESOURCE (RUL) OF AN ELECTRIC VEHICLE TRACTION BATTERY BASED ON A NEURAL NETWORK APPROACH

Abstract. There is an objective problem of determining the current operability (SOH) and residual resource (RUL) of an electric vehicle traction battery, which is significantly influenced by external factors: ambient temperature, terrain, road surface assessment, charging technology, driver qualifications. This article discusses methods for determining the residual resource (RUL) and current operability (SOH) of an electric vehicle traction battery. A method for determining the operability (SOH) and residual resource (RUL) of an electric vehicle traction battery based on a neural network approach, taking into account external factors, is proposed.

Keywords: Diagnostics; traction battery; SOH assessment; RUL forecasting; battery condition forecast.

УДК 661.91+622.691.4

Малышев В.С., к.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», malyshevvs@mauniver.ru, Мурманск, Россия.

Пантилеев С.П., ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», pantileevsp@mauniver.ru, Мурманск, Россия.

ПОЛНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА КОНДЕНСАЦИИ ВОДЯНЫХ ПАРОВ ИЗ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ В ТЕПЛИЧНОМ ХОЗЯЙСТВЕ П. ТУЛОМА

Аннотация: В статье рассмотрена проблема использования тепла конденсации водяных паров из продуктов сгорания. Представлен вариант реконструкции системы теплоснабжения сельского поселения Тулома Мурманской области. Сделаны выводы о перспективности внедрения результатов исследования.

Ключевые слова: перевод котлов на природный, компримированный или сжиженный газ, теплоснабжение.

Требование перевода работы котлов на конденсационный режим работы поставлено министерством энергетики РФ уже 30 лет назад. Но при использовании мазута и угля, традиционных для многих регионов видов топлива, становится труднореализуемой задачей. В силу значительного содержания в них серы понижение температуры уходящих продуктов сгорания приведёт к ранней конденсации водяных паров и, как следствие возникновению низкотемпературной газовой коррозии. Стремление в таком случае перевести работу котлов на конденсационный режим работы потребует применения в дополнительных поверхностях нагрева более стойких к коррозии материалов. В таких случаях придется проводить технико-экономическое обоснование. На весах будут с одной стороны значительное уменьшение расхода топлива, а с другой – дополнительные и очень серьезные капитальные вложения.

Решение существенно упростится при переводе котлов на природный газ, компримированный или сжиженный. При этом появляется возможность полезного использования получаемого конденсата. При коэффициенте избытка воздуха в уходящих продуктах сгорания для природного газа $\alpha_{yx}=1,25\dots1,35$ точка росы равна

55,3…54°C [7]. Таким образом, при сжигании 1 нм³ природного газа, взятого далее для примера, выделяется 2,13нм³/нм³ водяных паров и образуется 2,13·0,803=1,71кг водяных паров (0,803кг/м³ – плотность водяных паров). Если предположить, что мы сумели полезно охладить продукты сгорания до полной конденсации всех водяных паров, то мы дополнительно получим следующее количество тепла:

$$\Delta Q_{\text{кон}} = 1,71 \cdot 2500 = 4276 \text{ кДж/нм}^3 \quad (2500 \text{ кДж/кг} – \text{теплота конденсации водяных паров}).$$

При этом теоретически КПД газового котла может увеличиться на величину:

$$\Delta \eta_{\text{кон}} = \Delta Q_{\text{кон}} / Q_{\text{H}}^{\text{p}} = 4276 / 35590 = 0,1201 = 12,01\%.$$

Главная проблема в обеспечении конденсационного режима работы котла – это обеспечение котельной теплоносителем с температурой ниже точки росы водяных паров в продуктах сгорания, требующего нагрева. Такими теплоносителями могут быть: вода горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения, питательная и подпиточная вода, идущая в систему водоподготовки и на покрытие утечек конденсата и сетевой воды, воздух, подаваемый в топку котла, воздух системы воздушного отопления административных помещений котельной, вода систем подогрева резервного топлива такого, как дизельное топливо, печное бытовое топливо (ТБП). Из всех перечисленных вариантов только открытые системы теплоснабжения позволяют почти полностью использовать тепло конденсации водяных паров из продуктов сгорания. При этом возникают проблемы с удалением охлаждённых сухих продуктов сгорания. Конденсационный режим работы котлов уже довольно широко применяется в небольших котельных, в которых используется низкотемпературная система отопления помещений, так называемые «тёплые полы». При этом появляется новая проблема, связанная с нейтрализацией кислотности образовавшегося конденсата. Она решается обработкой конденсата растворами щёлочи, что незначительно увеличивает солёность конденсата.

Проблеме использования тепла конденсации водяных паров из продуктов сгорания посвящено множество работ, выполненных в конце прошлого столетия и в начале нынешнего. За это время выполнено множество патентов на различные типы конденсационных утилизаторов тепла: контактных (смесительных) и

поверхностных. В статье мы остановимся на применении поверхностных конденсационных утилизаторов тепла. Большой вклад в разработку поверхностных конденсационных утилизаторов тепла внесли Кудинов А.А., Антонов В.А., Алексеев Ю.Н. Зиганшина С.К. в работах [3...6].

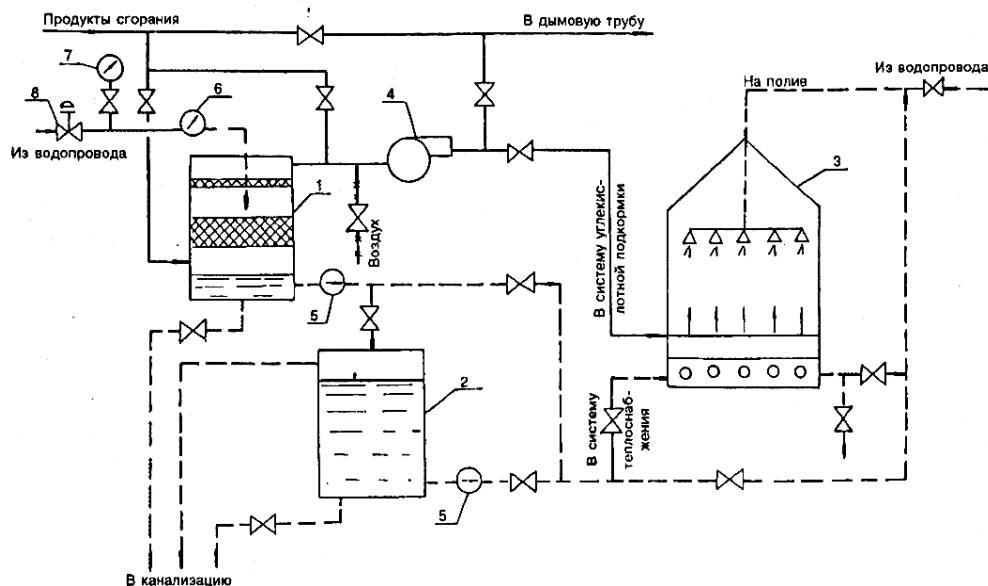


Рис. 1. Комплексная схема использования продуктов сгорания в тепличном хозяйстве совхоза г. Рязань:

1 – контактный экономайзер; 2 – бак-аккумулятор; 3 – теплица; 4 – дымосос; 5 – насос; 6 – расходомер; 7 – манометр; 8 – регулировочный вентиль

В работе [9] авторы предлагают использовать для теплиц, располагаемых на территории промышленных предприятий и котельных отходящие газы от технологического оборудования и котельных агрегатов, а также горячую воду или пар от технологического оборудования. Ими предлагается также использовать получаемую горячую воду в традиционных системах водяного отопления теплиц, а низкотемпературную воду – в контактных аппаратах для нагрева и увлажнения воздуха. Схема такой установки показана на рисунке 1.

В патенте [10] (см. рисунок 2) теплица содержит систему 1 обогрева шатра теплицы, подключенную к котлу 2, конденсационный поверхностный утилизатор 3 теплоты уходящих продуктов сгорания природного газа, установленный в основном газоходе и подключенный по водяному тракту к системе 4 подпочвенного обогрева

теплицы, сборник 5 конденсата продуктов сгорания природного газа, снабженный гидравлическим затвором 6, сепарационное устройство - каплеуловитель 7, систему газораспределения 8 теплицы, соединенную через фильтр 9 трубопроводом 10 с каналом 11 отвода продуктов сгорания в атмосферу и дополнительно трубопроводом 12 с генератором 13 углекислого газа, смесительную камеру 14 с газовой горелкой 15, бак-резервуар 16 обессоленной воды, насос 17, присоединенный по нагнетательной стороне трубопроводом 18 к оросительному устройству 19, снабженному специальными соплами 20.

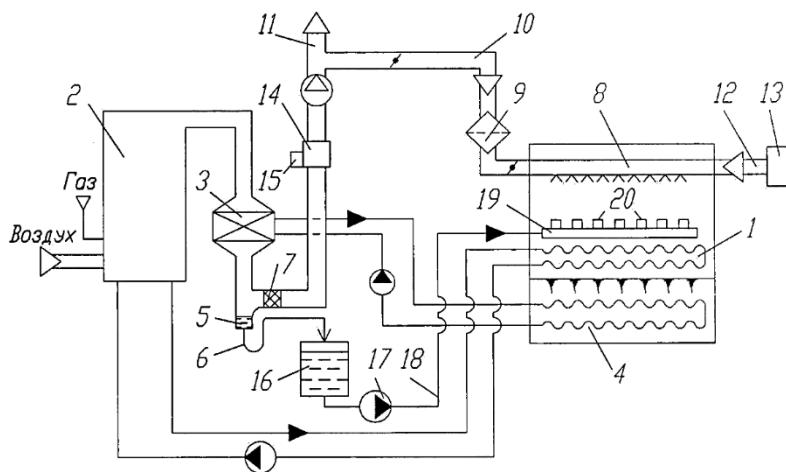


Рис. 2. Схема отопления и полива теплицы по патенту [10]

Эта схема предназначена для теплиц собственной котельной, в которой всё тепло, вырабатываемое котлом полностью используется для системы отопления теплицы. Кислотность конденсата никак не изменяется при поливе, что может неблагоприятно влиять на рост растений в теплице. При достаточно высокой концентрации углекислого газа в продуктах сгорания в патенте добавлены дополнительные устройства для получения углекислого газа при помощи сжигания природного газа.

Нами предлагается при газовой котельной организовать тепличное хозяйство с воздушным отоплением от воздухоподогревателя, работающего на уходящих ПС котлов котельной. В качестве примера рассмотрим вариант реконструкции системы теплоснабжения сельского поселения Тулома Мурманской области. В настоящее время теплоснабжение этого посёлка осуществляется от электрической котельной.

Присоединённая тепловая нагрузка 6,18Гкал/ч (7,2МВт). В перспективе, после перевода Мурманской области на природный газ, планируется перевод теплоснабжения посёлка на газ.

Рассмотрим тепловые балансы котельной. Нас интересует, какое количество тепла уходящих продуктов сгорания можно использовать для системы воздушного отопления предлагаемой теплицы.

При температуре с уходящими продуктами сгорания $t_{yx1}=100^{\circ}\text{C}$ и коэффициенте избытка воздуха $\alpha_1=1,05$ потери с уходящими продуктами сгорания составят:

$$q_{21}=I_{yx1}/Q_h^p=1525,65/35590=0,0429=4,29\%,$$

где $I_{yx1}=I_{100}+(\alpha_1-1) I^p_{100}=1463+(1,05-1)1253=1525,65\text{кДж/нм}^3$;

$I^p_{100}=1463\text{кДж/нм}^3$ – теоретическая энталпия газов при 100°C (см. таблицу 2.1) (см. таблицу XVI [2]);

$I^p_{100}=1253 \text{ кДж/нм}^3$ – теоретическая энталпия воздуха при 100°C (см. таблицу 2.1) (см. таблицу XVI [2])

Это без учёта тепла конденсации водяных паров из уходящих продуктов сгорания (ПС).

Как отмечалось ранее: $\Delta Q_{\text{кон}}=1,71 \cdot 2500=4276\text{кДж/нм}^3$ (2500кДж/кг – теплота конденсации водяных паров).

В отопительный период при средней температуре наружного воздуха минус $3,2^{\circ}\text{C}$ уходящие ПС можно охладить до температуры близкой 0°C . Тогда можно снять из уходящие ПС следующее количество теплоты:

$$Q_{\text{общ}}=Q_{\text{охл}}+\Delta Q_{\text{кон}}=1525,65+4276=5802 \text{ кДж/нм}^3,$$

где $Q_{\text{охл}}=I_{yx1}-I_{yx2}=1525,65-0=1525,65\text{кДж/нм}^3$.

Средний расход топлива при тепловой нагрузке $Q_1=7,2\text{МВт}$, КПД котлов $\eta_k=0,92$ и КПД тепловой сети $\eta_{TC}=0,8$ И низшей теплоте сгорания природного газа $Q_h^p=35,8\text{МДж/нм}^3$ составит:

$$B=Q_1/(Q_h^p \cdot \eta_k \cdot \eta_{TC})=7,2/(35,8 \cdot 0,92 \cdot 0,8)=0,273 \text{ нм}^3/\text{с.}$$

Тепловая мощность воздухоподогревателя составит:

$$Q_{\text{ВП}}=\eta_{\text{ВП}} B \cdot Q_{\text{общ}}=0,8 \cdot 0,273 \cdot 5802=1268\text{kВт.}$$

Согласно [6] коэффициент теплопередачи при конденсации водяных паров в утилизаторе тепла уходящих ПС составляет $k=50\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Средний температурный напор в воздухоподогревателе $\Delta t=21^\circ\text{C}$.

Теплопередающая площадь воздухоподогревателя составит:

$$F = Q_{\text{вп}} / (k \cdot \Delta t) = 1267 \cdot 10^3 / (50 \cdot 21) = 1206 \text{ м}^2.$$

Для трубы диаметром $d=300\times 3\text{мм}$ её длина составит:

$$L = F / (\pi \cdot d) = 1206 / (\pi \cdot 0,3) = 1280 \text{ м}$$

Это 30 труб по 40м с общим проходным сечением:

$$F_{\text{пр}} = 30 \pi \cdot d^2 / 4 = 10 \pi \cdot 0,3^2 / 4 = 2,121 \text{ м}^2.$$

Объемы продуктов сгорания (см. таблицу XVI [4]):

1. теоретически необходимое количество воздуха $V^0=9,44 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$;
2. объем трехатомных газов $V^0_{\text{RO}_2} = 0,99 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$;
3. объем водяных паров $V^0_{\text{H}_2\text{O}} = 2,13 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$;
4. объем азота $V^0_{\text{N}_2} = 7,47 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$.

Действительный объем водяных паров:

$$\begin{aligned} V_{\text{H}_2\text{O}} &= V_{\text{H}_2\text{O}}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0 = \\ &= 2,13 + 0,0161 \cdot (1,2 - 1) \cdot 9,44 = 2,16 \text{ нм}^3/\text{нм}^3. \end{aligned}$$

Теоретический объем продуктов сгорания:

$$V_{\Gamma}^0 = V_{\text{N}_2}^0 + V_{\text{RO}_2}^0 + V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 7,47 + 0,99 + 2,13 = 10,59 \text{ нм}^3/\text{нм}^3.$$

Действительный объем продуктов сгорания при $\alpha = 1,2$:

$$\begin{aligned} V_{\Gamma} &= V_{\Gamma}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0 = \\ &= 10,59 + (1,2 - 1) \cdot 9,44 = 12,48 \text{ нм}^3/\text{нм}^3. \end{aligned}$$

Скорость ПС на выходе из труб будет (при нормальных условиях):

$$w_2 = B \cdot V_{\Gamma} / F_{\text{пр}} = 0,273 \cdot 12,48 / 2,121 = 1,606 \text{ м/с.}$$

Скорость ПС на входе в трубы будет:

$$w_2 = (t_1 + 273) w_1 / (t_2 + 273) = (100 + 273) 1,606 / (10 + 273) = 2,19 \text{ м/с.}$$

Расход ПС при этом составит:

$$V_{\text{ПС}} = B \cdot V_{\Gamma} = 0,273 \cdot 12,4 = 3,385 \text{ нм}^3/\text{с.}$$

В приведенном расчете была рассмотрена рекуперативная система воздушного отопления теплицы. Можно также применить смесительную систему

отопления. Смешивать ПС и воздух чтобы температура смеси была 30°C. Теплоёмкости воздуха и ПС примерно одинаковы и тогда расход воздуха для образования смеси получим из уравнения теплового баланса:

$$100 V_{\text{ПС}} + 10 V_{\text{возд}} = 30 (V_{\text{ПС}} + V_{\text{возд}})$$

$$70 V_{\text{ПС}} - 20 V_{\text{возд}} = 0$$

$$V_{\text{возд}} = 70 \cdot 3,385 / 20 = 11,85 \text{ нм}^3/\text{с.}$$

Объёмная концентрация углекислого газа в ПС $0,99/12,48=0,08=8\%$ будет разбавляться воздухом с концентрацией 0,04% до величины равной:

$$(8 \cdot 3,385 + 0,04 \cdot 11,85) / (3,385 + 11,85) = 1,856\%.$$

Согласно [1] ПДК углерода диоксида (двуокиси углерода, углекислого газа) составляет: максимальная разовая - 27000 мг/м³ (5,2% объёмная), среднесменная - 9000 мг/м³ (1,7% объёмная).

Обычное объёмное содержание углекислоты в воздухе составляет 0,04%. Уменьшение содержания углекислоты в воздухе снижает интенсивность фотосинтеза. Повышение содержания углекислоты до 0,5% увеличивает интенсивность фотосинтеза почти пропорционально. Однако при дальнейшем повышении содержания углекислоты, интенсивность фотосинтеза не возрастает, а при уже 1% - растение страдает.

Показатель содержания CO₂ в ppm, при котором процесс образования сахаров в растении протекает хорошо, равен 1000 ppm -1200 ppm (см. рисунок 3).

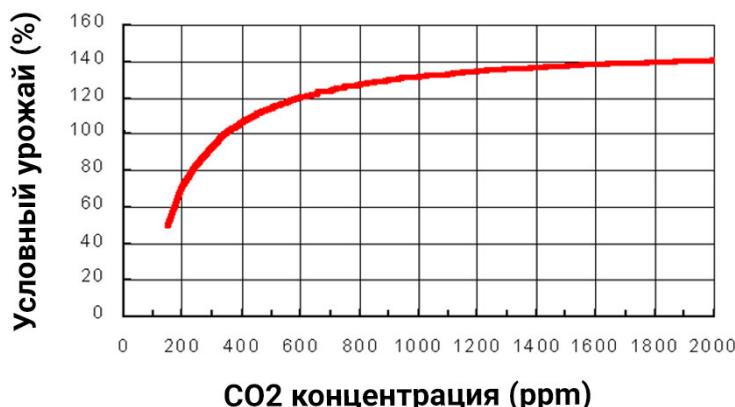


Рис. 3. График зависимости урожайности от концентрации CO₂

Достичь данных показателей в теплице легко можно на рассвете, при этом подача CO₂ будет минимальной. В течение дня данный показатель может быть достигнут максимальной отметки в 600–800 ppm при полной подачи CO₂ в теплицу, так как окна в теплице открыты и газ попросту выветривается через них.

Эти требования заставляют переходить на комбинированную схему воздушного отопления: смесительную часть для поддержания необходимой концентрации углекислого газа (0,6%) расходом ПС (0,6/1,856) 3,385=1,094 нм³/с смешивают с воздухом и направляют в теплицу, а остальные ПС направляют в трубы воздухоподогревателя. Это деление потока ПС необходимо автоматизировать от датчика концентрации углекислого газа в теплице. Схема отопления воздушного отопления показана на рисунке 4.

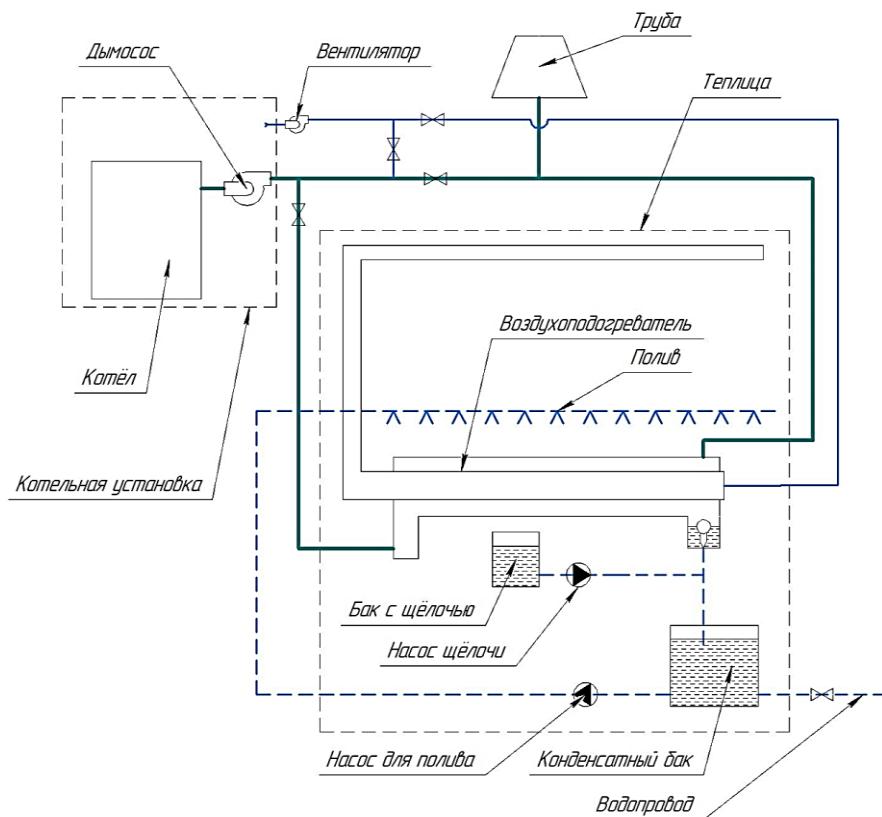


Рис. 4. Предлагаемая схема отопления и полива теплицы

Воздух в теплицу подавать вытяжным вентилятором котельной, который удаляет избыточное тепло, выделяемое горячими поверхностями

котлов и вспомогательного оборудования котельной (3…5% от тепловой мощности).

Конденсат из воздухоподогревателя через конденсационный горшок сливается в конденсационный бак. Туда же в зависимости от кислотности конденсата подаётся щёлочь насосом из бака щёлочи.

Полив растений в теплице проводится из конденсационного бака, который подключён к водопроводу, работающего при нехватке конденсата, а при избытке конденсат через перелив сливается в канализацию.

Использование для отопления теплицы воздуха котельной и тепла уходящих ПС и для полива конденсата ПС позволяют значительно уменьшить удельные расходы на производство овощей в теплице. При этом ПС после воздухоподогревателя осушеными попадают в дымовую трубу, что тоже хорошо влияет на её работу.

Диапазон мощности обогрева теплиц достаточно широкий:

для одинарного остекления — 70–120 Вт/м²;

для двойного остекления — 50–100 Вт/м².

Для двойного остекления при этой тепловой мощности полезная площадь теплицы составит:

$$S=1268 \cdot 10^3 / 100 = 12680 \text{ м}^2.$$

Огурцы являются влаголюбивыми растениями. Если воды недостаточно, то хорошего урожая не будет. Растения в теплице поливают 1 раз в 2 или 3 дня. На 1 квадратный метр затрачивается до 15 л воды в сутки (общая потребность воды для полива $0,015 \cdot 12680 = 190 \text{ кг/сут}$). Она не должна быть слишком холодной. Урожайность огурцов с 1м² в год 9…50кг. Со всей теплицы 9000…50000кг по цене 100 рублей за 1кг можно получить доход 0,9…5 миллионов рублей.

Можно также полезно использовать конденсат из ПС с расходом:

$$1,71 \cdot 0,273 = 0,467 \text{ кг/с} = 1681 \text{ кг/ч} = 40,35 \text{ т/сут.}$$

Такой расход полностью покрывает потребности воды для полива и может быть использован для подпитки котлов котельной и тепловой сети системы теплоснабжения.

Конденсат забирает в себя часть углекислого газа из ПС и становится кислым до РН 3...4 и требует нейтрализации. Аммиак обладает большей растворимостью, чем углекислый газ, и поэтому полностью растворяется в конденсате [11]. Он в контакте с подкислённым конденсатом (слабый раствор угольной кислоты) превращается в гидроокись аммония NH_4OH , которая легко распадается в конденсате на усвояемые растениями компоненты NH_4 и NO_3 . Таким образом, частично или полностью может быть покрыта потребность в азотных удобрениях, необходимых для выращивания растений.

Список использованных источников

1. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.2100-06 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны" и Дополнению N 2 к ГН 2.2.5.1313-03
2. Тепловой расчёт котлов (нормативный метод). -3-е изд., переработанное и дополн. Изд. НПОЦКТИ. – СПБ.: 1998. -266с.: ил.
3. Кудинов А.А., Антонов В.А., Алексеев Ю.Н. Анализ эффективности применения конденсационного теплоутилизатора за паровым котлом ДЕ-10-14 ГМ // Промышленная энергетика. 1997. №8. С. 8—10.
4. Кудинов А.А., Антонов В.А., Алексеев Ю.Н. Энергосбережение в газифицированных котельных установках путем глубокого охлаждения продуктов сгорания // Теплоэнергетика. 2000. №1. С. 59—61.
5. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Охлаждение продуктов сгорания природного газа в конденсационных теплоутилизаторах // Промышленная энергетика. 2010. №4. С. 39—43.
6. Кудинов А. А., Зиганшина С. К. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. М.: Машиностроение, 2011. — 374 с., ил. 117.

7. Аронов И.З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа. Л.: Недра, 1990. 280 с.
8. Шанин Б.В., Новгородский Е.Е., Широков В.А., Пужайло А.Ф. Энергосбережение и охрана воздушного бассейна при использовании природного газа: Учебное пособие, Н. Новгород: Нижегородский гос. архит.-строит. ун-т, 1998. – 384 с.
9. Использование продуктов сгорания природного газа в тепличном хозяйстве и возможности экономии тепловой энергии в теплицах Иванова А.В., Колесникова П.А., Готуleva Ю.В. Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет Нижний Новгород, Россия. Код доступа:
- <https://files.scienceforum.ru/pdf/2022/61bc792c52d16.pdf>
10. Патент РФ № 2736221 Способ работы теплицы, авторы Кудинов Анатолий Александрович2192120ч, Зиганшина Светлана Камиловна, Демина Юлия Эрнестовна. Опубликовано: 12.11.2020 Бюл. № 32. 6с. Код доступа:
- <https://patenton.ru/patent/RU2736221C1.pdf>
11. Патент РФ № 2192120 Способ подкормки растений в теплицах углекислым газом и азотными удобрениями. Авторы Хазанова С.Г. и Хазанов Е.Е. Опубликовано 10.11.2002. Код доступа: https://patents.s3.yandex.net/RU2192120C2_20021110.pdf
-

*Malyshev V.S., PhD, Associate Professor, Murmansk Arctic University,
malyshevvs@mauniver.ru, Murmansk, Russia.*

*Pantileev S.P., Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“Murmansk Arctic University”, pantileevsp@mauniver.ru, Murmansk, Russia.*

FULL UTILIZATION OF THE HEAT OF CONDENSATION OF WATER VAPOR FROM COMBUSTION PRODUCTS OF THE GAS BOILER IN THE GREENHOUSE FARM OF P. TULOMA

Abstract: The article considers the problem of using the heat of condensation of water vapor from combustion products. A variant of reconstruction of the heat supply system of the rural settlement of Tuloma in the Murmansk region is presented. Conclusions are made about the prospects of implementing the research results.

Keywords: conversion of boilers to natural, compressed or liquefied gas, heat supply.

УДК 691

Мифтахов М.Н., кандидат химических наук, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СКОПА – ОТХОДА ОТ ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРЫ - ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО КОМПОНЕНТА

Аннотация: Статья посвящена актуальной проблеме утилизации отхода от переработки макулатуры- целлюлозы (скопа) в различных отраслях народного хозяйства. Приведены сведения использования данного отхода в качестве конструкционных, сорбционных и теплоизоляционных материалов. Установлено, что данный вид отхода может применяться в качестве теплоизоляционного материала для производства конструкционных строительных изделий.

Ключевые слова: Отходы от переработки макулатуры - целлюлоза; теплопроводность строительных материалов.

В настоящее время все большее внимание уделяется переработке отходов производства с целью вовлечения их в производство новой полезной для строительной отрасли, продукции. Одним из видов отхода картонно-бумажного производства является скоп – целлюлозосодержащий отход, количество которого вызывает проблемы с его размещением [1, 2].

Трудность утилизации скопа заключается его высокой влажности и повышенного содержания слишком коротких целлюлозных волокон [3]. Данный вид отхода также может негативно влиять водные объекты [4].

Скоп нашел свое применение в основном в производстве строительных материалов [5, 6]. Также интересно применение скопа в качестве материала волокнистых теплоизоляционных плит [7].

Утилизация отхода от переработки макулатуры - целлюлозы (скопа), содержащего органическую часть, также может быть проведена при помощи пиролизного процесса, при котором можно получить целый ряд продуктов пиролиза – от газов до твердого вещества, которые в свою очередь, являются ценностными полупродуктами в других отраслях промышленности [8].

Важным аспектом применения скопа является использование его в качестве конструкционных строительных материалов [9]. Так как в скопе присутствует органическая часть, энергетически выгодно термическое обезвреживание скопа [10].

Учитывая тот факт, что при термической обработке скоп способен терять часть своего объема, он может быть использован в качестве выгорающей добавки в исходные смеси при производстве пористых строительных изделий [11-13].

Кроме того, продукты переработки скопа могут быть использованы в качестве сорбентов тяжелых металлов [14,15].

С целью дальнейшего расширения сферы применения скопа в строительной отрасли, были изучены теплопроводные свойства изделий из скопа. Так, были изготовлены несколько образцов скопосодержащих блоков (с размерами 100x100x100 мм) и определены их коэффициенты теплопроводности. Компоненты смешивали в определенной пропорции, добавляли воду при перемешивании до определенной консистенции и заполняли полученным пластичным составом стандартную разборную металлическую форму. Полученные образцы сушили при комнатной температуре в течение 72 часов. Механическую прочность определяли на приборе МСМ-01-09. Далее, на основании зависимости коэффициента теплопроводности от плотности материала рассчитаны соответствующие коэффициенты теплопроводности. Методика расчета коэффициента теплопроводности приведена в [16].

Наряду со скопом в качестве армирующего компонента использовали опилки древесные (фракция 2 - 4 мм). Замечено, что увеличение содержания скопа приводит к уменьшению плотности, что в конечном итоге отражается в улучшении теплоизолирующей способности материала.

В таблице 1 представлены данные по плотностям, прочности и теплопроводности образцов. Соотношение компонентов цемент: ПГС: опилки: скоп представлены в массовых долях.

Таблица 1 - Состав и показатели песчаноцементных образцов, содержащих скоп

№ образца	Соотношение компонентов				Плотность, г/см ³	Прочность, кгс/см ²	Теплопроводность, Вт/м*°C
	цемент	ПГС	опилки	скоп			
1	1	2	1	1	0.75	106.25	0.26
2	1	1	2	1	0.57	68.30	0.19
3	1	1	-	2	0.70	79.38	0.24
4	1	1	-	1	0.83	187.50	0.34
5	1	1	0.25	1	0.92	187.50	0.47
6	2	1	0.25	1	0.73	250,00	0.50
7	1	1	0.25	1.5	0.78	*-	0.29
9	1	1	1.5	0.5	0.99	*-	0.41
10	1	1	0.5	1	0.68	200.00	0.24

*Механическую прочность данного образца не определяли.

Для сравнения, коэффициент теплопроводности кирпича керамического полнотелого находится в пределах 0.81 – 0.87 Вт/м*°C, что значительно выше коэффициентов теплопроводности, предлагаемых к применению песчаноцементных блоков с добавлением скопа [16].

Таким образом, проведенные исследования по изучению теплофизических свойств скопосодержащих изделий свидетельствуют об удовлетворительных теплопроводных свойствах песчано-цементного блока с теплоизоляционным наполнителем из скопа, следовательно, такие изделия могут быть востребованы в энергосберегающей строительной индустрии.

Список использованных источников

1. Trends and Current Status of the Contribution of the Forestry Sector to National Economies". Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2004. Retrieved 21 September 2007: сайт. – URL: [https://www.yandex.ru/search/?text=Trends+and+Current+Status+of+the+Contribution+of+the+Forestry+Sector+to+National+Economies%22.+Food+and+Agriculture+Organization+of+the+United+Nations+\(FAO\).+2004.+Retrieved+21+September+2007&lr=236](https://www.yandex.ru/search/?text=Trends+and+Current+Status+of+the+Contribution+of+the+Forestry+Sector+to+National+Economies%22.+Food+and+Agriculture+Organization+of+the+United+Nations+(FAO).+2004.+Retrieved+21+September+2007&lr=236) (дата обращения 26.04.2024).
2. Wastes – Resource Conservation – Common Wastes & Materials – Paper Recycling". US EPA". Epa.gov. 2006-06-28. Archived from the original on 9 May 2013. Retrieved 2014-06-09: сайт. – URL:

<http://www.epa.gov/osw/conserve/materials/paper/basics/index.htm> (дата обращения 26.04.2024).

3. Аким Э.Л. и др. Технология обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона. Л., 1977.
4. Алексеева Татьяна Николаевна. Оценка и анализ техногенного воздействия целлюлозно-бумажного предприятия на природные водные объекты: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 25.00.36 / Рос. гос. гидрометеорол. ун-т (РГГМУ). - Санкт-Петербург, 2003. - 22 с.
5. Козлов И.А. Новые конструкционно-теплоизоляционные материалы на основе скопа-отхода целлюлозно-бумажной промышленности: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.23.05 / Козлов Игорь Алексеевич; [Место защиты: Юж.-Ур. гос. ун-т].- Челябинск, 2008. - 21 с.: ил.
6. Строительные материалы/ Под ред. В.Г. Микульского. – М.: АСВ, 2000. – 537с.
7. Охотина Е. В. Технология получения волокнистых плит из волокносодержащих осадков сточных вод целлюлозно-бумажного производства: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.21.03. - Санкт-Петербург, 1992. - 18 с.: ил.
8. Мифтахов М.Н., Ахметов И.Р. Перспективы утилизации СКОПа – отхода картонно-бумажного производства. Международное научное периодическое издание по итогам международной научно-практической конференции 14 ДЕКАБРЯ 2015 г. «НОВАЯ НАУКА: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРАКТИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД», Стерлитамак, РФ, РИЦ АМИ, 2015. – С. 26-27.
9. Плотникова С.В. Экологически безопасные ограждающие конструкции жилых зданий. ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО БИОСФЕРНО-СОВМЕСТИМОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В СТРОИТЕЛЬНОМ, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ И ДОРОЖНОМ КОМПЛЕКСАХ. Материалы 4-й международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию строительного факультета и 85-летию БГИТУ. Том 2. 2015. С. 129-134).
10. Ширинкина Е.С., Айтжанова У.М. Переработка скопа, образующегося в

технологическом процессе картонно-бумажного производства. EUROPEAN SCIENCE. 2016. № 2 (12). С. 13-16.).

11. Радыгин Р.В. Исследование возможности применения скопа, образующегося в технологическом процессе производства целлюлозно-бумажной продукции, в качестве выгорающей добавки к полнотелому керамическому кирпичу. EUROPEAN SCIENTIFIC CONFERENCE. Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции: в 3 ч.. Том Часть 1. 2018, С. 109-116.

12. Залыгина О.С., Латош Е.С. Использование скопа в качестве выгорающей добавки при производстве керамического кирпича. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА. Материалы 85-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). Минск, 2021, С. 170 – 172.

13. Богданова А.А., Залыгина О.С. Химия и жизнь. Сборник XXII Международной научно-практической студенческой конференции. Новосибирск, 2023. С. 484 – 491.

14. Миахтахов М.Н., Махнюк Д.В., Яровикова Д.А. О возможности применения скопа в качестве сорбента тяжелых металлов. Прорывные научные исследования как двигатель науки. сборник статей Международной научно-практической конференции. Том Часть 2. 2019. С. 105 – 107.

15. Миахтахов М.Н., Махнюк Д.В. Исследование сорбционных свойств модифицированных сорбентов, полученных из отходов целлюлозно-бумажной промышленности – скопа. Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2020, № 3 (86), С. 21-28.

16. Основные свойства строительных материалов: сайт.- [URL:](#) <https://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/Stroy-Mat/mmaterials/MainProperties.pdf> (дата обращения 29.04.2025).

ABOUT THE POSSIBILITY OF APPLYING WASTE PROCESSING IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY AS A HEAT -INSULATING COMPONENT

Abstract: The article is devoted to the urgent problem of use- the departure from the processing of the waste paper- cellulose (skip) in various sectors of the national economy. Ways to use this waste as structural and sorption materials are described. The possibility of applying the waste processing of the waste paper- cellulose as a thermal insulation material for the production of construction products was established.

Key words: Waste from the processing of waste paper – cellulose; Thermal conductivity of building materials.

УДК -618

Михайлов Д. В., кандидат технических наук, доцент, институт Гражданской защиты ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Кукушин В.П., старший преподаватель, институт Гражданской защиты ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля».

Трищенко С. Н., ассистент, институт Гражданской защиты ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля».

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Аннотация: В статье проводится анализ завалов зданий и сооружений по конфигурации, размерам и структуре. Даются основные показатели завалов. Рассмотрен порядок организации и проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при разрушениях зданий и сооружений в различных ситуациях. Рассмотрены краткие рекомендации действий сотрудников аварийно-спасательной службы в различных ситуациях.

Ключевые слова: Завал, разрушение, конструкции зданий и сооружений, поиск пострадавших людей, спасение пострадавших.

Одной из наиболее сложных аварий с точки зрения проведения аварийно-спасательных работ можно считать аварии, связанные с разрушением зданий и

сооружений, то есть завалы. Завал, возникший в результате разрушений – это хаотичное нагромождение груды различных обломков камней, кирпичей, гранитных глыб, строительных панелей, повреждённых и покорёженных конструкций различного оборудования разрушенных объектов. Сложность проведения аварийно-спасательных работ обусловлена большим количеством пострадавших людей, которые оказались в завалах и под завалами, необходимостью выполнения сложных инженерных работ и угрозой дальнейшего разрушения. Опыт проведения аварийно-спасательных работ в районе завалов и разрушенных зданий свидетельствует о том, что необходимое количество сил и средств требуется рассредоточить в районе аварии как можно быстрее. Поскольку в большинстве случаев человек, оказавшийся в завале, способен сберегать жизнедеятельность на протяжении 10 часов [1].

Ликвидация последствий военных действий, землетрясений, ураганов, цунами, наводнений и других чрезвычайных ситуаций, которые приводят к массовым разрушениям строений зданий и сооружений, требуют от личного состава спасательных команд МЧС, других различных министерств и ведомств больших усилий, сосредоточения большого количества технических средств. При разрушениях зданий и при производстве спасательных работ от штаба руководства требуется, прежде всего, чёткая координация действий сил и средств, которые принимают участие и задействуются в спасательных работах.

В зависимости от предназначения конструкции строений могут выполнять несущую, ограждающую, а также в виде мостов – соединительную роль. Несущие конструкции (стены, перекрытия, колонны, балки и др.) воспринимают различные нагрузки и передают их на фундамент. На конструкции зданий и строений постоянно осуществляются силовые и не силовые воздействия.

К силовым воздействиям относятся:

- постоянные нагрузки G_P , которые представляют собой сумму сил веса конструкций, из которых изготовлено строение;

- временные нагрузки G_{BP} от действий оборудования, мебели, людей, метеорологических факторов, смены воздействия силы ветра (действие ударной волны) и так далее:

Общая нагрузка на здание $G_{общ}$ будет составлять:

$$G_{общ} = G_{II} + G_{BP}, \text{ (тонн)}$$

К не силовым влияниям, оказывающим воздействие на здания, относятся:

- температурные колебания;
- атмосферная и грунтовая влажность;
- агрессивные химические испарения;
- биологические опасности.

Эти влияния могут уменьшать основные опорные свойства имеющихся зданий и сооружений. Силам нагрузки противодействуют внутренние силы строительных конструкций, которые спроектированы и определяют крепость зданий и сооружений.

Причинами разрушений зданий могут быть:

- старение конструкций;
- ошибки при проектировании;
- перегрузки конструкций;
- резкие изменения атмосферного давления, усиления сильного и ураганного ветра;
- влияние огня и пожаров;
- замена грунта;
- применение противником различных видов вооружения и т. д.

Здания, в которых используются каркасные блочные и стволовые системы являются более гибкими благодаря эластичности каркаса. Поэтому нагрузки от различных природных возмущений и толчков при применении военных снарядов, которые действуют на здание или строение, распределяются между конструкциями каркаса и значительно гасятся. Воздействие этих возмущений и толчков на не опорные элементы строений (стены, простенки), при воздействии на них могут повреждаться или разрушаться, но это не производит к полному

разрушению здания. Если действие разрушительной силы привело к повреждению, или к разрушению отдельных элементов каркаса, то неизбежно здание или сооружение разрушится полностью, поскольку оно может быть восстановлено за счёт особенностей конструктивного соединения элементов каркаса.

Если сила разрушительных действий была очень большой, что привело к полному разрушению здания, то в завалах возможно возникновение пространства достаточно больших размеров, в которых могут находиться живые люди. Поэтому здания, в которых использованы, защищающие от разрушений различные конструкции, будут более стойкими к различным капризам погоды и различных взрывов.

Здания, у которых при строительстве использовалась стеновая система, являются более жёсткими, поэтому более чутко реагируют на действия разрушительной силы. Изменения давления воздействия различных факторов (шквалы, ураганы, взрывы, землетрясения, подтопления, цунами и др.) на внешние стены, благодаря их большой площади могут приводить не только к разрушению стен, но и к уничтожению здания в целом. Вид завалов, которые получаются вследствие разрушения зданий и сооружений, изготовленных в виде стеновой системы, будет зависеть от материала стен.

Кирпичная кладка будет давать небольшие по размерам разрушения с малыми пространствами под ними в середине. Железобетонные стены будут давать завалы на большой площади с образованием достаточно больших пространств под ними.

Величина, или степень повреждений здания в целом характеризуется величиной разрушений отдельных элементов здания. В таблице 1 показана зависимость степени разрушения зданий и сооружений от смены избыточного (ΔP) давления воздуха (величина давления взрывной волны), определено пять степеней повреждений зданий.

Таблица 1 - Зависимость степени разрушения зданий и сооружений от смены избыточного (ΔP) давления воздуха

Степень	Давление	Характеристика	Разрушение конструкций
A ₁	$\Delta P=5$ кПа	Повреждения	Разрушения стекла, дверей подвесных потолков
A ₂	$\Delta P=10$ кПа	Слабые разрушения	Разрушения не опорных элементов
A ₃	$\Delta P=20$ кПа	Средние разрушения	Разрушения не опорных элементов, повреждение опорных элементов
A ₄	$\Delta P=30$ кПа	Сильные разрушения	Частичное разрушение здания
A ₅	$\Delta P=50$ кПа	Полные разрушения	Полное разрушение здания

Таблица 2 - Разрушение зданий и сооружений от влияния сил, вызванных колебанием земной поверхности, подразделяются следующим образом

Степень	Характеристика
D0	Отсутствие явных повреждений
D1	Слабые небольшие повреждения
D2	Средние повреждения
D3	Тяжёлые большие повреждения
D4	Частичные разрушения
D5	Обвалы

Для оценки степени разрушения здания по внешним признакам можно пользоваться таким понятием, как форма разрушения здания. Форма разрушений бывает трёх видов:

- ударенное здание Ф.1 (отдельные элементы здания повреждены, но в целом здание сберегает свою форму);
- частично разрушенное здание Ф.2 (одна часть здания повреждена, а другая осталась не повреждённой или ударенной);

- полностью разрушенное здание Ф.3 (на месте зданий образовалась куча обломков).

В зависимости от степени разрушения зданий получаются завалы, представляющие собой кучу обломков строительных конструкций, оборудования, мебели и различных инженерных коммуникаций. Внешняя форма и признаки позволяют разработать стандартный план основных мероприятий и действий спасателей [2]. В зависимости от элементов разрушений, завалы можно классифицировать следующим образом:

1. Завалы помещений – помещения в целом остаются целыми, но подходы к ним
 - разрушены. Такой тип завалов может встречаться на каждом этаже повреждённого здания. В этих помещениях могут находиться люди, которым требуется медицинская помощь.

В этом случае действия спасателей следующие:

- быстро подать свежий воздух в помещение;
- повреждённые инженерные коммуникации, которые ведут в помещение, убрать или перекрыть;
- установить контакты с пострадавшими;
- очистить повреждённые проходы;
- спланировать и провести по необходимости проломы стен или пола;
- обеспечить заваленных людей перевязочными материалами, медикаментами, светом, теплом и продовольствием.

2. Завалы ударенных помещений – помещения получают повреждения, из-за которых частично разрушаются стены, пол, простенки, различные обломки, которые находятся в ударенном помещении.

В этом случае действия спасателей следующие:

- проникнуть в ударенное помещение, по возможности через действующие проходы;
- не допускать по возможности, продвижения вперёд через обломки и разломы препятствий;

- использовать для проникновения в помещения стенные проломы и проломы в полу.

3. Завалы засыпанных помещений – помещения засыпаны обломками, когда пол не выдерживает дополнительного веса в виде различных обломков, которые падают сверху. К материалам засыпки относятся обломки кирпичей, обломки бетонных стен, обломки потолочных плит, элементы мебели и оборудования.

В этом случае действия спасателей следующие:

- точно установить места, откуда могут сыпаться обломки;
- по возможности обломки не трогать и не шевелить;
- использовать для проникновения в помещения стенные проломы;
- для продвижения вперёд использовать только проверенные существующие проходы;
- если помещение завалено крупногабаритными обломками, продвигаться вперёд нужно вдоль этих обломков.

4. Завалы конструкций помещения, которые могут сдвигаться – помещения заваливаются большими обломками плит, которые имеют достаточно большую площадь. На ней могут находиться обломки конструкций, которые могут ссыпываться вниз.

В этом случае действия спасателей следующие:

- площадки, которые могут ссыпываться, по возможности не трогать и не нагружать;
- закреплять площадки, которые могут ссыпываться;
- площадки, которые могут сдвигаться, можно отодвигать только в том случае, который не произведёт к ухудшению ситуации и нужен для спасения пострадавших людей.

Для выполнения комплекса работ, формированиям, участвующим в аварийно-спасательных работах, придаются средства инженерного обеспечения, к ним относятся:

- различные робототехнические комплексы, используемые при выполнении работ при ликвидации ЧС в условиях опасных для жизни и здоровья людей (работа в условиях радиоактивного, химического заражения, дозиметрический контроль и др.).

При выполнении спасательных работ в районе завалов используется следующая техника и оборудование:

Машины преодоления препятствий:

- инженерные машины разграждения для проделывания проходов через зоны разрушений, устройства проездов и создания заградительных полос при ликвидации чрезвычайных ситуаций, в т. ч. в районах с радиоактивным загрязнением и химическим заражением;
- бульдозеры для устройства проездов и проходов в завалах;
- снегоочистители для очистки от снежных заносов автомагистралей, подъездных путей, взлетно-посадочных полос и др.;

Машины для разборки завалов:

- автокраны, манипуляторы и погрузчики; экскаваторы, используемые для механизации землеройных и погрузочно-разгрузочных работ, расчистки и разборки завалов, создания заградительных полос;
- путепрокладчики для механизации работ при устройстве проездов в завалах, прокладке колонных путей;
- машины разборки завалов: универсальные машины разборки завалов, предназначенные в комплексе с набором различных видов сменного оборудования для выполнения технологических операций при разборке завалов в ходе аварийно-спасательных и восстановительных работ; для механизации погрузочно-разгрузочных и монтажно-демонтажных работ при разборке завалов;
- машины, используемые для механизации погрузочно-разгрузочных работ при разборке завалов.

Землеройные машины:

- котлованные машины, применяемые для механизации работ по отрывке котлованов, создания заградительных полос, устройства проездов и проходов в завалах;
- траншейные машины, применяемые для отрывков траншей при создании заградительных полос, устройств проездов и проходов через траншеи, рвы, канавы;

Различные катера и плавающие транспортеры для переправки людей, техники и грузов через водные преграды.

Рабочее оборудование:

- навесные гидравлические ножницы, предназначенные для разделки металлических изделий, разрушения железобетонных конструкций и измельчения бетона;
- навесные гидравлические молоты, используемые для разламывания бетонных сооружений и дорожных покрытий, дробления железобетонных конструкций и твердых пород со смещением ударного режима с разламыванием материала из монолита;
- навесные грейферы, предназначенные для разработки котлованов, выемок, ям, колодцев, погрузки и разгрузки сыпучих и несыпучих материалов.

Средства энергообеспечения:

- электростанции передвижные силовые, применяют в качестве основного источника электроэнергии в автономных условиях для питания силовых потребителей при проведении аварийно-спасательных и др. неотложных работ;
- электростанции переносные, применяют для электропитания в течение длительного времени в условиях отсутствия обычных электрических сетей или в качестве резервного источника при наличии централизованного электроснабжения на случай аварийного отключения [3].
- компрессорные станции, используемые для обеспечения воздухом пневматического инструмента и оборудования при проведении аварийно-спасательных и восстановительных работ.

Заключение. Успешное выполнение спасательных работ на разрушенных зданиях возможно только после тщательной подготовки подразделений спасательной службы. Подготовка включает в себя оснащение подразделений необходимой техникой и оборудованием, а также обучение личного состава приемам и способам проведения спасательных работ.

Список использованных источников

1. Одинцов Л. Г. и др., «Правила проведения аварийно-спасательных работ при обрушении зданий и сооружений» ФГУ ВНИИ ГОЧС. Москва, 2004.
2. Федеральный закон РФ от 22 08 1995 г. «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей»
3. Федягин В. И., Проскурников Ю. Е. Организация и ведение АСиДНР при ликвидации ЧС природного характера. Воронеж, 2006.

Mikhailov D.V., candidate of technical sciences, assistant professor Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Luhansk Vladimir Dahl

Kukushkin V.P., Senior lecturer Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Luhansk Vladimir Dahl State University State University»

Trischenko S.N., Assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Luhansk Vladimir Dahl State University»

LOGISTICS ISSUES OF ORGANIZING EMERGENCY RESCUE OPERATIONS ON DESTROYED BUILDINGS AND STRUCTURES

Annotation: The article analyzes the rubble of buildings and structures by configuration, size and structure. The main indicators of blockages are given. The procedure for organizing and carrying out emergency rescue and other urgent work in case of destruction of buildings and structures in various situations is considered. Brief recommendations of the actions of emergency service personnel in various situations are considered.

Keywords: Blockage, destruction, structures of buildings and structures, search for injured people, rescue of victims.

УДК: 168 (075.8)

Полвонов Абдижалил Сатторович, к.т.н, профессор. Наманганский государственный технический университет, Узбекистан

Махмудов Авазбек Акрамжон угли, преподаватель. Наманганский государственный технический университет, Узбекистан
(99 5227272 avazbek.makhtudov.2017@mail.ru)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Аннотация: В статье анализируется влияние транспорта на общее экономическое развитие региона путем изучения уровня развития улично-дорожной сети для повышения эффективности городских пассажирских перевозок. При этом была предпринята попытка оценить влияние расширения дорожной сети на социально-экономическую стабильность в стране. Рассмотрено, как пробки влияют на деятельность участников дорожного движения и как рост уровня автомобилизации влияет на пробки.

Ключевые слова: пробки, автомобиль, пассажир, эффективность, дорожная сеть, транспорт.

Введение

Одним из важных факторов, определяющих хорошую работу транспорта, является его регулярность в перевозке грузов и пассажиров. Только при своевременной и регулярной транспортировке необходимой продукции, сырья, запасных частей и топлива их запасы на складах будут минимальными, что позволит обеспечить бесперебойную организацию производства. Транспорт, особенно автомобильный, играет особую роль в использовании и транспортировке природных ресурсов [1-3]. Без современных транспортных средств, развитой дорожной сети и инфраструктуры, будет затруднено эффективное использование природных ресурсов.

В республике Узбекистан основная часть грузооборота приходится на железнодорожный, автомобильный и трубопроводный транспорт, а пассажирооборот - на автомобильный, железнодорожный и воздушный транспорт [4].

При этом разработан и реализуется комплекс мер, направленных на обеспечение безопасности дорожного движения, совершенствование системы профилактики дорожно-транспортных происшествий, своевременное выявление и пресечение правонарушений, при этом особое внимание уделяется сокращению числа дорожно-транспортных происшествий.

Достижение равномерной загруженности транспортной сети города возможно путем распределения транспортной нагрузки по районам, то есть создание возможностей для управления пассажиропотоком, введение отдельных тарифов для "красных," "желтых" и "зеленых" зон, повышение стоимости проезда для центральной части города и снижение его стоимости по мере удаления от центра, внедрение наиболее эффективной системы скоростных автобусных маршрутов (БАС) на пассажирских маршрутах требует повышения эффективности пассажирских перевозок, предотвращения пробок и управления транспортными потоками [5]. Отмечается, что качество дорог, инфраструктура городов и районов не в полной мере отвечают требованиям надежного обеспечения безопасности дорожного движения, а также не в полной мере созданы необходимые условия для безопасного передвижения участников дорожного движения.

В 2020-2024 годах население города Наманган увеличилось на 68,6 тыс. человек, а количество транспортных средств за этот период увеличилось на 28,42 тыс. единиц, что в процентном выражении означает: прирост населения на 11%, а численность парка транспортных средств - на 113%. Также в январе-декабре 2024 года всеми видами транспорта было перевезено 343,1 млн. человек, что на 102,1% больше, чем за аналогичный период прошлого года [6].

В Намангане ежедневно более 3200 транспортных средств перевозят более 467,4 тысячи пассажиров. Резкий рост численности населения и транспортных потоков в городе Наманган требует решения ряда проблем городских пассажирских перевозок.

Мобильность населения, масштабы и планировочное решение города, особенности размещения населения по отношению к основным пассажирским и автомобильным маршрутам, уровень развития транспортных станций, регулярность

движения, стоимость проезда и т.д. имеют специфические особенности. При организации пассажирских перевозок эти особенности необходимо постоянно изучать для правильной организации работы транспорта и полного удовлетворения потребностей населения в мобильности [7].

В небольших районах города или крупных транспортных узлах большие пассажирские перевозки служат основой для организации пассажирских дорог или маршрутов, которые вместе образуют городскую транспортную сеть. Использование определенного вида пассажирского транспорта зависит от характера его перевозки, величины первоначальных капитальных затрат и затрат на перевозку. В крупных городах рекомендуется использовать все виды пассажирского транспорта.

Для оптимизации времени прибытия пассажира в пункт назначения необходимо отдельно изучить все факторы, влияющие на него, а именно время, проведенное пассажиром в пути от дома до остановки, время ожидания транспорта на остановке, время поездки на транспорте, время пересадки на другом транспорте, время от остановки до пункта назначения, время поездки и влияющие на них параметры.

Оптимизация, мониторинг и отслеживание трафика - очень важная задача в транспортной сфере. Учитываются многие факторы, например, ширина дороги, средняя скорость и другие. Одной из основных задач, решаемых в области геоинформационных технологий (ГИС), является составление плана перевозок с учетом безопасности и времени перевозки пассажиров (рис. 1).

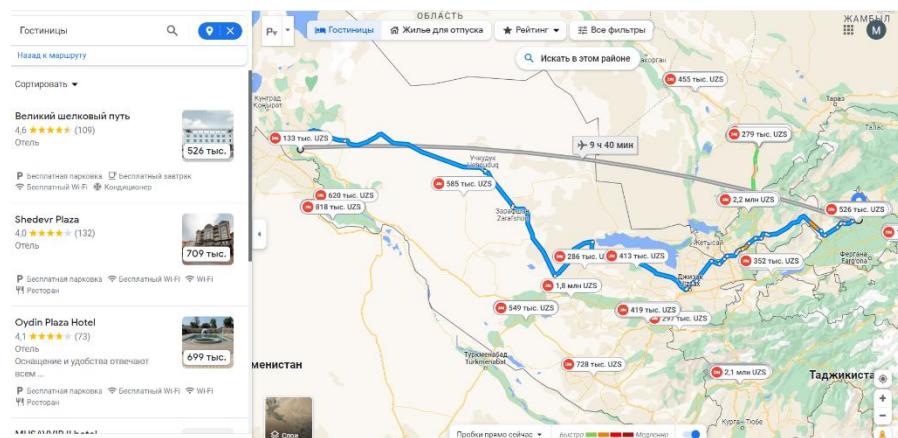


Рис. 1. План маршрута с выбором ограниченных условий, таких как доступные отели, их местоположение и зона или стоимость проживания

Одним из важнейших направлений деятельности с применением ГИС является оперативная работа, связанная с управлением движением. Использование ГИС является универсальной технологией работы с пространственными данными. Различные виды транспорта имеют свои специфические задачи, которые могут быть решены более эффективно с помощью ГИС. Некоторые из них: на автомобильном транспорте - планирование; проектирование; строительство; эксплуатация; мониторинг движения, сбор статистических данных о деятельности подчиненной дорожной сети, анализ несчастных случаев.

Исходя из этого, целью является изучение современных тенденций рынка пригородных пассажирских автобусных перевозок города Намангана и разработка, и развитие инфраструктуры пригородных скоростных пассажирских автобусов на основе проведенного анализа. Для этого ситуация усугубляется ежедневным увеличением пробок в городе.

Например, пробки в крупных городах (Рисунок 2) влияют на экономический рост или потенциал региона.

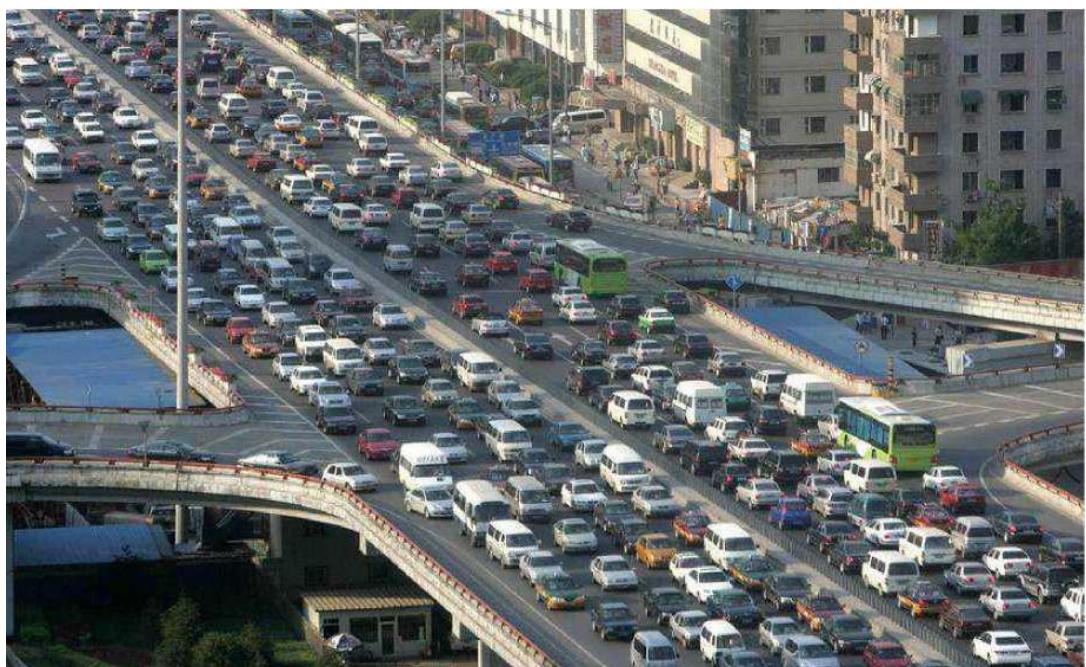


Рис. 2. Пробки на городской дорожной сети

Известно, что при возникновении пробок участники дорожного движения нервничают, устают и нервничают. Это негативно влияет на уровень несчастных случаев. Растущий уровень автомобилизации влияет на пробки.

Улица и дорожная сеть - это совокупность улиц и дорог в единой транспортной системе города. Дорожная сеть города, ее геометрические и структурные параметры во многом зависят от определенных факторов, таких как плотность населения, структура планировки города, состав транспортного потока, уровень пробок на участках дорожной сети и, как следствие, снижение скорости движения транспортных средств на этих участках, концентрация и распределение пешеходного потока.

Фактически, необходимо было приспособить не только старые здания, но и новые к существующей уличной сети. В первую очередь, фасады не только магазинов и торговых центров, но и жилых домов были обращены к улицам. Эта ситуация снова стала источником транспортных конфликтов между автомобилями и людьми.

Процесс изменения функций улиц весьма характерен для городов Северной Америки и Западной Европы. Так, в Граце (Австрия) рост индивидуального трафика привел с 1950-х годов к так называемым «дружественным автомобильным решениям». В центре города путевые тротуары включались в улицу, чтобы получить дополнительные полосы для движения автотранспорта, а вслед за этим, водители всё чаще стали находить трамвай помехой, что вкупе с неуклонно уменьшающимся количеством пассажиров привело к сокращению маршрутной сети. В 60-70-х годах в результате роста количества индивидуальных транспортных средств было обеспечено только 28% трамвайных линий, а значительная часть полос использовалась для стоянки. В сложившейся ситуации возросла опасность движения пешеходов и велосипедистов [5-6].

В связи с необходимостью охраны окружающей среды и неприемлемостью нарастающих противоречий возникла необходимость

создания новых градостроительных решений. Прогрессивные особенности формирования улично-дорожной сети (УДС) были направлены на уменьшение конфликтных точек. В результате чего должно быть обеспечено:

- 1) распределение направлений движения по характеру движения, а также распределение потоков транспортных средств и пешеходов;
- 2) высокоскоростная УДС, предназначенная для движения ТП, аналогичная транспортным магистралям;
- 3) наличие сходства с параметрами автомобильных дорог (строительство скоростных автомобильных дорог, проходящих через город);
- 4) отсутствие связи между жилыми домами и автомобильными дорогами;
- 5) учет правил охраны окружающей среды для строительства улично-дорожной сети.

Транспортная система любого региона является одним из его важнейших элементов. Наблюдая за уровнем развития улично-дорожной сети, можно также оценить общее экономическое развитие региона. Расширение дорожной сети оказывает существенное влияние на стабилизацию социально-экономической ситуации в стране.

Таким образом, развитие транспортной системы является одним из важных факторов, стимулирующих социально-экономическое развитие города и способствующих снижению возникновения транспортных заторов.

Список использованных источников

1. Аббасов, А. Совершенствование дорожной инфраструктуры в городе Наманган / А. Аббасов, У. Мамиров; науч. М. Тухтабаев // Развитие логистики и управления цепями поставок: материалы III Международной научно-практической студенческой конференции в Белорусском национальном техническом университете. - Минск: БНТУ, 2022. - С. 332-337.
2. Солиев Х. и др. Организация скоростных пассажирских маршрутов //Естественнонаучный журнал "Точная наука. - 2022. - № 2. 129. - С. 9-11.

3. Рахимбердиевич Н. А. и др. Предотвращение пробок на пересечениях Ферганской кольцевой дороги с улицами И. Каримова и Касансай // Механика и технология. - 2022. - Т. 3. - № 2. - С. 113-119.
 4. Тухтабаев М. А., Нуриддинов А. Д., Туманбаева Б. И. Транспорт и пешеходный трафик на пересечении дж. мангуберди и красивых узких улиц/Научно-технический журнал НамИТИ/Научно-технический журнал НамИТИ //Наманган: НамИТИ. - 2021. - Т. 6. - № 2. - С. 221-228.
 5. www.stat.uz
 6. www.namstat.uz
7. Кущенко Л.Е. Повышение эффективности организации движения в городе на основе минимизации заторов. Дисс. к.т.н. – Белгород, 2015. – 125 с.

*Polvonov Abdijalil Sattorovich, Candidate of Technical Sciences, Professor.
Namangan State Technical University, Uzbekistan*

*Makhmudov Avazbek Akramjon ugli, Lecturer. Namangan State Technical University, Uzbekistan
(995227272 avazbek.makhmudov.2017@mail.ru)*

IMPROVING THE EFFICIENCY OF URBAN PASSENGER TRANSPORTATION

Abstract: The article analyzes the impact of transport on the overall economic development of the region by studying the level of development of the street and road network to improve the efficiency of urban passenger transportation. At the same time, an attempt was made to assess the impact of the expansion of the road network on the socio-economic stability in the country. It considers how traffic jams affect the activities of road users and how the growth of the level of motorization affects traffic jams.

Keywords: traffic, car, passenger, efficiency, road network, transport.

УДК 697.341

Пронин М.А., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

НЕКОТОРЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОДНОТРУБНЫХ ВОДЯНЫХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация: приведены сведения о конструкции эксплуатируемых однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения. Выполнен критический анализ конструкции эксплуатируемых однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения по критериям их надежности. Предложены методы обеспечения надежности эксплуатируемых однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения, основанные на совершенствовании их конструкции

Ключевые слова: система теплоснабжения, надежность, вероятность безотказной работы, относительный аварийный недоотпуск тепла, коэффициент готовности

Однотрубные водяные централизованные системы теплоснабжения, равно как и иные открытые системы теплоснабжения, для которых характерен разбор горячей воды потребителями непосредственно из тепловой сети, позволяют максимально реализовать эффект комбинированной выработки электрической и тепловой энергии за счёт использования низкопотенциальных источников теплоты, как это, например, имеет место на Южной ТЭЦ в Санкт-Петербурге [1].

Целью настоящей статьи является развитие конструктивных методов обеспечения надежности однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения, что достигается посредством решения следующих задач:

- критический анализ конструкции эксплуатируемых однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения по критериям их надежности;

- совершенствование конструкции эксплуатируемых однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения по критериям их надежности.

Типовая конструкция эксплуатируемых в настоящее время однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения (рис. 1) включает в себя источник тепла 1, который гидравлически связан с подающим трубопроводом тепловой сети 2, абонентскими вводами 3, местными системами горячего водоснабжения 4, калориферами местных систем вентиляции 5, абонентскими теплообменниками 6, нагревательные приборами 7 и трубопроводами местных систем отопления 8 [2].

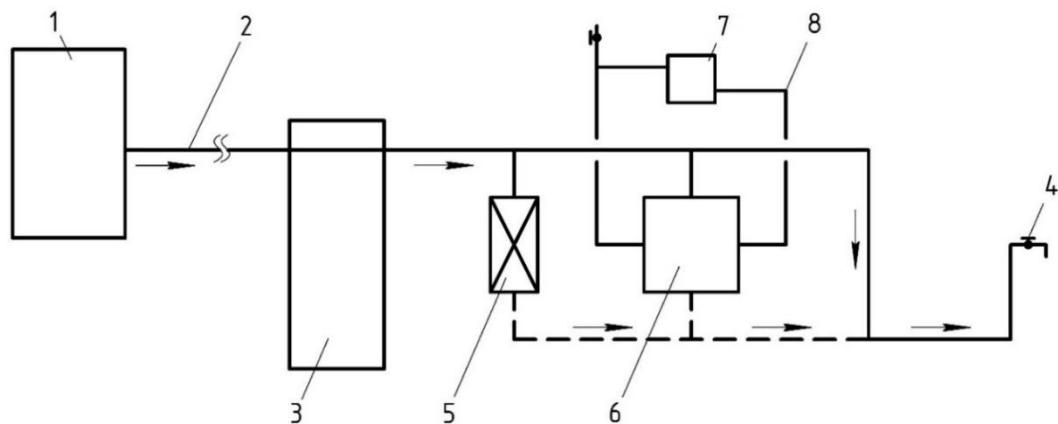


Рис. 1. Типовая конструкция эксплуатируемых однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения

Из-за прекращения движения сетевой воды в случае повреждения подающего трубопровода тепловой сети 2 однотрубные водяные централизованные системы теплоснабжения типовой конструкции характеризуются сравнительно низкой вероятностью безотказной работы и сравнительно высоким относительным аварийным недоотпуском тепла, а также, ввиду больших затрат времени на восстановление подающего трубопровода тепловой сети 2 после повреждения, сравнительно низким коэффициентом готовности.

Предлагаемый нами метод обеспечения надежности однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения состоит в совершенствовании их конструкции путем разветвления тракта подающего трубопровода тепловой сети 2 и создания на источнике тепла 1 холодного резерва гидравлической мощности с возможностью рекуперации электрической энергии.

Усовершенствованная конструкция однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения изображена на рис. 2.

От типовой усовершенствованная конструкция однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения отличается тем, что подающий трубопровод тепловой сети 2 содержит две нитки 9, разделенные на секции 10 парными перемычками 11, по концам ниток 9 и вокруг точек пересечения ниток 9 с перемычками 11 установлена запорная арматура 12, источник тепла 1 содержит динамическую гидравлическую машину 13, ротор 14 которой кинематически связан с ротором 15 асинхронной машины переменного тока 16, у которой частота вращения магнитного поля статора 17 меньше частоты вращения ротора 15 при расчетном расходе сетевой воды на источнике тепла 1.

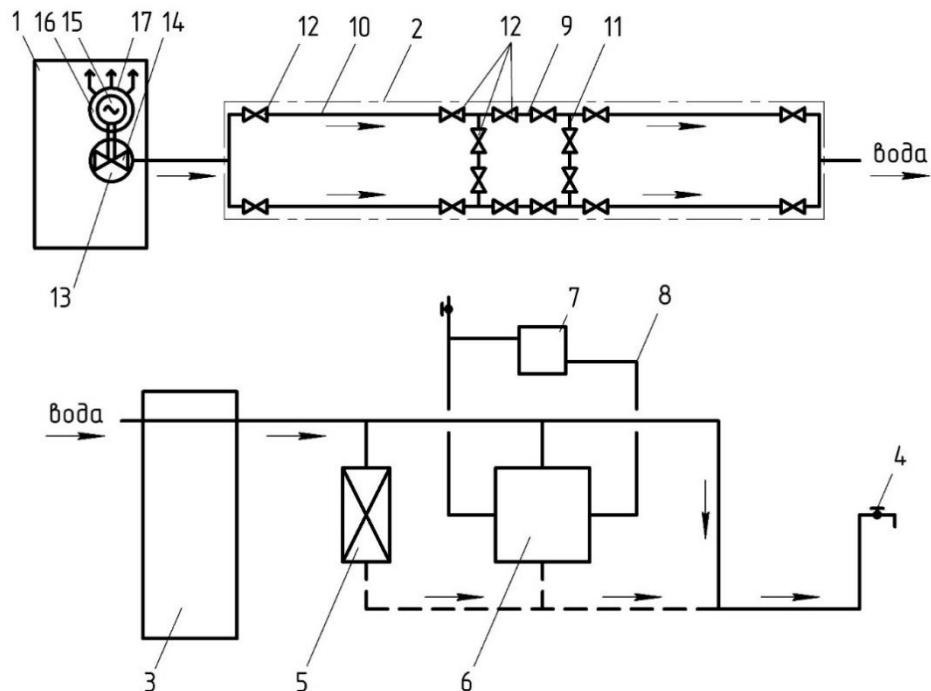


Рис. 2. Усовершенствованная конструкция однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения

Принцип обеспечения надежности однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения усовершенствованной конструкции состоит в следующем.

При исправном подающем трубопроводе тепловой сети 2 высокотемпературная сетевая вода, двигаясь от источника тепла 1 по подающему

трубопроводу тепловой сети 2 к абонентским вводам 3, проходит через динамическую гидравлическую машину 13, сообщая механическую энергию ее ротору 14, от которого механическая энергия передается ротору 15 асинхронной машины переменного тока 16, приводя его во вращение с частотой большей чем частота вращения магнитного поля статора 17, в результате чего асинхронная машина переменного тока 16 вырабатывает электрическую энергию, которая отдается в электрическую сеть (на рис. 2 не показана).

При переходе подающего трубопровода тепловой сети 2 в неисправное состояние вследствие отказа секции 10 выполняется закрытие запорной арматуры 12, прилегающей к отказавшей секции 10. Высокотемпературная сетевая вода, двигаясь от источника тепла 1 по исправным элементам подающего трубопровода тепловой сети 2 к абонентским вводам 3, проходит через динамическую гидравлическую машину 13. Ввиду снижения расхода сетевой воды на источнике тепла 1 из-за возросшего гидравлического сопротивления подающего трубопровода тепловой сети 2, частота вращения ротора 15 становится меньше чем частота вращения магнитного поля статора 17, в результате чего асинхронная машина переменного тока 16 начинает потреблять электрическую энергию из электрической сети (на рис. 2 не показана) и преобразовывать ее в механическую энергию ротора 15. Механическая энергия от ротора 15 сообщается ротору 14, а затем проходящей через динамическую гидравлическую машину 13 сетевой воде, повышая ее давление до уровня, необходимого для обеспечения ее расчетного расхода при возросшем гидравлическом сопротивлении подающего трубопровода тепловой сети 2.

При переходе подающего трубопровода тепловой сети 2 неисправное состояние вследствие отказа единицы запорной арматуры 12 выполняется закрытие запорной арматуры 12, прилегающей к отказавшей единице запорной арматуры 12. Высокотемпературная сетевая вода, двигаясь от источника тепла 1 по исправным элементам подающего трубопровода тепловой сети 2 к абонентским вводам 3, проходит через динамическую гидравлическую машину 13. Ввиду снижения расхода сетевой воды на источнике тепла 1 из-за возросшего гидравлического

сопротивления подающего трубопровода тепловой сети 2, частота вращения ротора 15 становится меньше чем частота вращения магнитного поля статора 17, в результате чего асинхронная машина переменного тока 16 начинает потреблять электрическую энергию из электрической сети (на рис. 2 не показана) и преобразовывать ее в механическую энергию ротора 15. Механическая энергия от ротора 15 сообщается ротору 14, а затем проходящей через динамическую гидравлическую машину 13 сетевой воде, повышая ее давление до уровня, необходимого для обеспечения ее расчетного расхода при возросшем гидравлическом сопротивлении подающего трубопровода тепловой сети 2.

Таким образом, за счет возможности движения сетевой воды с расчетным расходом в случае повреждения подающего трубопровода тепловой сети 2 однотрубные водяные централизованные системы теплоснабжения усовершенствованной конструкции будут характеризоваться большей вероятностью безотказной работы системы, чем однотрубные водяные централизованные системы теплоснабжения типовой конструкции а также меньшим относительным аварийным недоотпуском тепла системой без увеличения потребления электрической энергии из сети вследствие ее рекуперации при исправном состоянии подающего трубопровода тепловой сети 2. Кроме того, разветвление тракта подающего трубопровода тепловой сети 2 приводит к уменьшению его диаметра, что сокращает среднее время до его восстановления после повреждения и, как следствие, повышает коэффициент готовности системы.

Второй предлагаемый нами метод обеспечения надежности однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения состоит в совершенствовании их конструкции путем разветвления тракта подающего трубопровода тепловой сети 2 и обеспечения постоянства его гидравлического сопротивления в исправном и неисправном состояниях.

Усовершенствованная конструкция однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения изображена на рис. 3.

От типовой усовершенствованная конструкция однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения отличается тем, что подающий

трубопровод тепловой сети 2 содержит две нитки 9, разделенные на секции 10 парными перемычками 11, запорную арматуру 12, установленную по концам ниток 9 и вокруг точек пересечения ниток 9 с перемычками 11, и присоединен к источнику тепла 1 через пятиплечий мост 13, на периферийных плечах которого установлена запорная арматура 14 и 15, а на центральном плече установлен нерегулируемый дроссель 16, имеющий гидравлическое сопротивление, равное приращению гидравлического сопротивления подающего трубопровода тепловой сети 2 при отключении одной из секций.

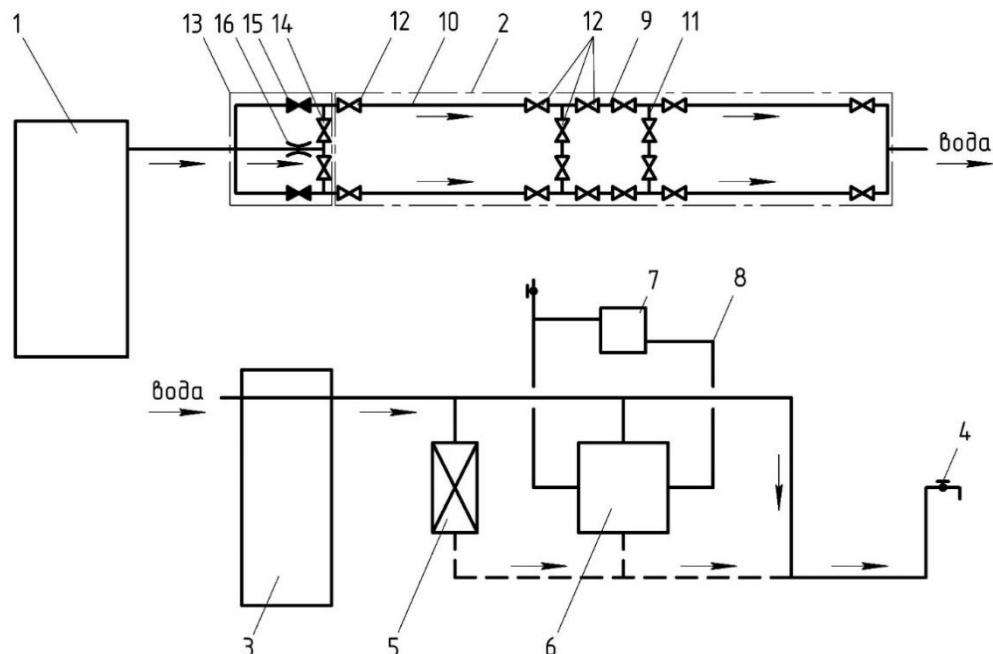


Рис. 3. Усовершенствованная конструкция однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения

Принцип обеспечения надежности однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения усовершенствованной конструкции состоит в следующем.

При исправном подающем трубопроводе тепловой сети 2 высокотемпературная от источника тепла 1 подается на абонентские вводы 3 по секциям 10 ниток 9 подающего трубопровода тепловой сети 2 через дроссель 16, открытые задвижки 14 и 12 при закрытых задвижках 15.

При переходе подающего трубопровода тепловой сети 2 в неисправное состояние вследствие отказа секции 10 выполняется закрытие запорной арматуры

12, прилегающей к отказавшей секции 10, закрытие запорной арматуры 14 и открытие запорной арматуры 15. Высокотемпературная сетевая вода от источника тепла 1 подается на абонентские вводы 3 по периферийным плечам пятиплечего моста 13 и исправным элементам подающего трубопровода тепловой сети 2.

При переходе подающего трубопровода тепловой сети 2 неисправное состояние вследствие отказа единицы запорной арматуры 12 выполняется закрытие запорной арматуры 12, прилегающей к отказавшей единице запорной арматуры 12, закрытие запорной арматуры 14 и открытие запорной арматуры 15. Высокотемпературная сетевая вода от источника тепла 1 подается на абонентские вводы 3 по периферийным плечам пятиплечего моста 13 и исправным элементам подающего трубопровода тепловой сети 2.

Таким образом, усовершенствованная конструкция однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения будет характеризоваться более высокой вероятностью безотказной работы, чем система типовой конструкции, в силу более высокой вероятности безотказной работы подающего трубопровода тепловой сети 2, обусловленной тем, что отказ любого элемента подающего трубопровода тепловой сети 2, за исключением запорной арматуры 12 в конечной точке, не влечет за собой отказ подающего трубопровода тепловой сети 2 в целом ввиду сохранения им способности транспортировать сетевую воду с требуемым расходом. Кроме того, разветвление тракта подающего трубопровода тепловой сети 2 приводит к уменьшению его диаметра, что сокращает среднее время до восстановления подающего трубопровода тепловой сети 2 в случае его отказа, повышая тем самым коэффициент готовности подающего трубопровода тепловой сети 2 и, как следствие, коэффициент готовности системы.

Принимая во внимание изложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Однотрубные водяные централизованные системы теплоснабжения типовой конструкции из-за прекращения движения сетевой воды в случае повреждения подающего трубопровода тепловой сети характеризуются сравнительно низкой вероятностью безотказной работы и сравнительно высоким относительным аварийным недоотпуском тепла, а также, ввиду больших затрат

времени на восстановление подающего трубопровода тепловой сети после повреждения, сравнительно низким коэффициентом готовности.

2. Надежность однотрубных водяных централизованных систем теплоснабжения может быть обеспечена посредством совершенствования их конструкции путем:

- разветвления тракта подающего трубопровода тепловой сети и создания на источнике тепла холодного резерва гидравлической мощности с возможностью рекуперации электрической энергии;
- разветвления тракта подающего трубопровода тепловой сети и обеспечения постоянства его гидравлического сопротивления в исправном и неисправном состояниях.

Список использованных источников

1. Шарапов В. И. Преимущества и недостатки открытых и закрытых систем теплоснабжения // Надежность и безопасность энергетики. – 2012. – № 4 (19). – С. 65-68.
2. Теплоснабжение / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенков, Е. Н. Терлецкая; под ред. А. А. Ионина. – М.: Транспортная компания, 2016. – 336 с.

Pronin M.A., candidate of technical sciences, assistant professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk Vladimir Dahl State University»

SOME CONSTRUCTIVE METHODS FOR ENSURING THE RELIABILITY OF SINGLE-PIPE WATER CENTRALIZED HEAT SUPPLY SYSTEMS

Abstract: information on the design of operated single-pipe water centralized heat supply systems is provided. A critical analysis of the design of operated single-pipe water centralized heat supply systems according to their reliability criteria has been performed. The methods of ensuring the reliability of operated single-pipe water centralized heat supply systems based on the improvement of their design are proposed.

Keywords: heat supply system, reliability, reliability function, relative emergency heat loss, availability factor

УДК 629.5.061.17

Рак А.Н., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»,

Гутаревич В.О., доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОРСКИХ СУДОВ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности определения параметров и выбора аккумуляторных батарейных систем для питания потребителей переменного тока на современных морских для соответствия их требованиям Международной Конвенции. Предложена методика выбора инвертора для работы в составе судовой энергетической системы.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, инвертор, фильтр

Появление нового вида движения на морском транспорте – электрического, ознаменовало собой новый этап в развитии науки [1]. Топливный кризис 1973 г. заставил судовладельцев во всем мире искать новые виды углеводородного топлива и пути сокращения его удельных расходов, а международная Конвенция МАРПОЛ 73/78 и еще более поздние директивы Международной морской организации (ИМО) вовсе поставили вопрос о сокращении выбросов с морских судов, использующих углеводородные виды топлива, до соответствующих уровней [2] и установила зоны экологического контроля [3].

Современные достижения в области полупроводниковой техники позволили по-новому подойти к решению проблемы того времени.

Например, один из ведущих мировых производственных концернов MAN B&W (ФРГ - Дания), специализирующийся, в основном, на производстве различных судовых дизелей, также представил свою разработку - аккумуляторные батарейные системы MAN Hybrid EcoAux, которые в иностранной литературе именуют «Solid State Generator» (SSG). Их внешний вид и структурная схема представлены на рис.1, а технические характеристики в табл.1, но более детальная информация пока еще носит закрытый характер.

Цель работы – разработать методику расчета параметров аккумуляторных батарейных систем для судовых энергетических систем.

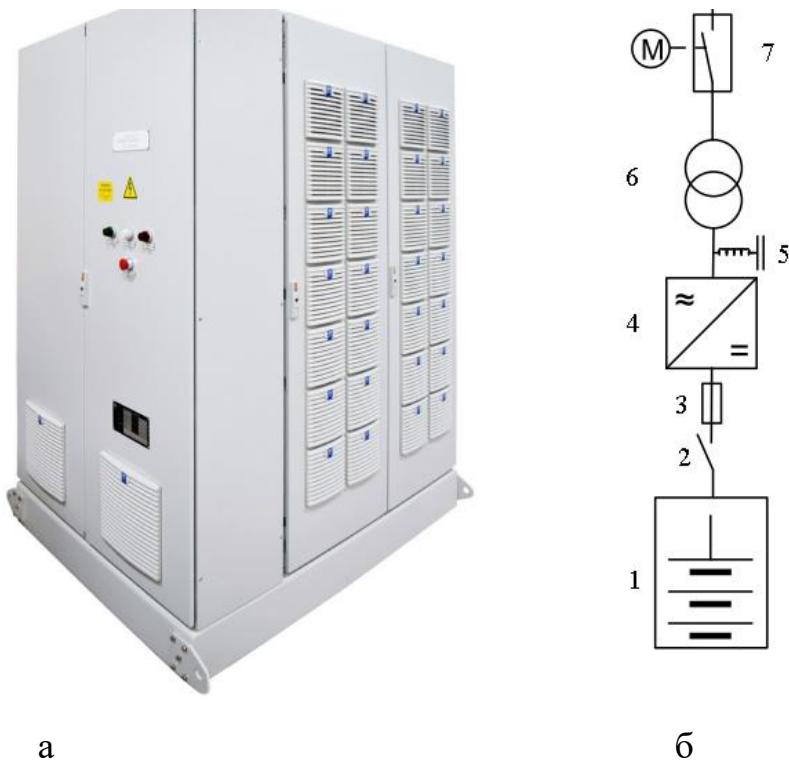


Рис. 1 - Аккумуляторная батарейная система Hybrid EcoAux [4]: внешний вид (а); состав системы (б): 1 - аккумуляторная батарея; 2 – выключатель; 3 – система защиты; 4 – инвертор; 5 – фильтр; 6 – трансформатор; 7 – выключатель с моторным приводом

Таблица 1 – Технические характеристики аккумуляторных батарейных систем Hybrid EcoAux

Мощность, кВт	Напряжение сети, В	Частота, Гц
625	400 - 690	60, 50
405	400 - 690	60, 50
270	400 - 690	60, 50
135	400 - 690	60, 50

Получить необходимый уровень напряжения и значение тока от АБ можно, если соединить их в соответствии с первым и вторым законами Кирхгофа, и не представляет особых затруднений.

Из рис.1, б следует, что в состав таких систем кроме АБ также входит также и инвертор напряжения. Поэтому особый интерес представляет собой расчет параметров и выбор самого инвертора.

Упрощенная схема трехфазного мостового инвертора представлена на рис.2 и содержит в себе три плеча с ключами двусторонней проводимости: плечо А: K1, K2; плечо В: K3, K4; плечо С: K5, K6.

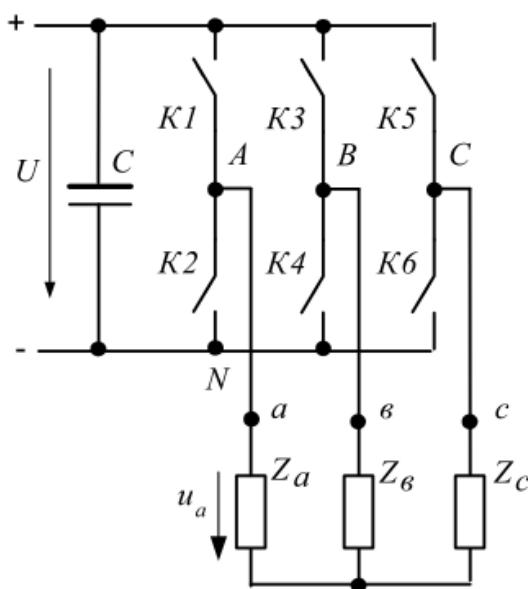


Рис. 2 - Упрощенная схема трехфазного автономного инвертора

В качестве ключей схемы (рис.2) обычно применяют полностью управляемые устройства (транзисторы (рис.3) или тиристоры, которые включаются по цепи управления). При коммутации не полностью управляемых ключей схема дополняется цепями принудительной коммутации.

Для обеспечения двусторонней коммутации ключ имеет обратный диод, который проводит ток на интервалах, когда направление тока и напряжения в фазе автономного инвертора напряжения (АИН) противоположны.

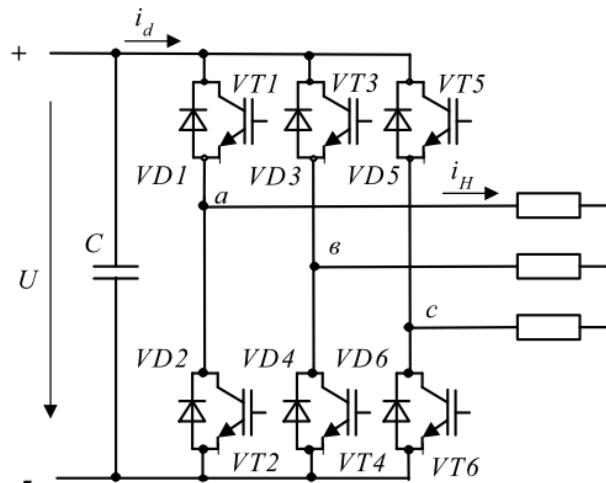


Рис. 3 - Автономный инвертор напряжения с транзисторными ключами

Представим расчет трехфазного АИН с амплитудным регулированием, который применяется для питания двигателя переменного тока со следующими номинальными данными $P_{\text{ном}} = 100 \text{ кВт}$, $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$, $f = 50 \text{ Гц}$, $\eta_{\text{ном}} = 0,9$, $\cos\varphi_{\text{ном}} = 0,8$. Схема соединения обмотки статора «звезда». Диапазон регулирования частоты выходного напряжения $(50 \div 5) \text{ Гц}$ при регулировании выходного напряжения пропорционально частоте.

Исходя из того, что $U_{\text{Л(1)}} = U_{\text{ном}} = 0,78U$ определим диапазон регулирования выходного напряжения источника постоянного тока:

$$\text{- максимальное значение } U_{\text{max}} = \frac{U_{\text{ном}}}{0,78}; \quad (1)$$

$$\text{- минимальное значение } U_{\text{min}} = 0,1U_{\text{max}}. \quad (2)$$

Действующее значение выходного линейного напряжения в данном случае составит: $U_{\text{Л}} = 0,816U$.

Расчет действующего значения тока двигателя выполним для первой гармоники:

$$I_{\text{ном}} = I_{\Phi(1)} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}}}. \quad (3)$$

Амплитудное значение фазного тока:

$$I_{\Phi m(1)} = \sqrt{2} \cdot I_{\Phi(1)}. \quad (4)$$

Частота переключения ключей схемы не превышает 50 Гц, поэтому в схеме, наряду с IGBT, можно применять тиристоры, включающиеся по сигналу в цепи управления. Средний ток тиристора и диода

$$I_{VSCP} = \frac{I_{\phi m(1)}}{\pi} \cdot \frac{(1 + \cos \varphi)}{2}, \quad (5)$$

$$I_{VDCP} = \frac{I_{\phi m(1)}}{\pi} \cdot \frac{(1 - \cos \varphi)}{2}. \quad (6)$$

Тиристоры и диоды выбираем по средним значениям тока, по напряжениям с учетом возможных коммутационных перенапряжений выбираем по значению $2U_{max}$, В. Транзистор выбираем по максимальному току $I_{VT max} = \sqrt{2} \cdot I_{HOM}, A$

Таким образом, выбираем транзисторный модуль с встроенным диодом СМ300DY-24A с рабочим напряжением 1200В и током 300А.

Среднее значение тока в цепи постоянного тока на входе инвертора:

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{L(1)} \cdot I_{\phi(1)} \cdot \cos \varphi}{U}, A \quad (7)$$

Считаем, что АИН получает питание от сети переменного тока через трехфазный мостовой выпрямитель с входным емкостным фильтром. Относительное значение выпрямленного напряжения принимаем $u_d=0,94$, коэффициент пульсаций $K_p=0,05$, тогда в соответствии с таблицей основных соотношений для соответствующих схем:

$$I_d^* = 0,026, I_{dm(6)}^I = \frac{I_{dm(6)}}{I_d} = 0,711.$$

$$I_{dm(6)} = I_d \cdot I_{dm(6)}^I, A. \quad (8)$$

Амплитуда 6-й гармоники входного тока АИН при частоте выходного напряжения 50Гц:

$$I_{m(6)} = 2I_d \cdot \frac{1}{k^2 - 1} \cdot \sqrt{1 + k^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi}, A \quad (9)$$

Емкость составит:

$$C = \left(\frac{I_{dm(6)}}{\omega} + \frac{I_{m(6)}}{\omega} \right) \cdot \frac{1}{6 \cdot K_p \cdot U}, \mu\Phi. \quad (10)$$

Определяем емкость конденсатора на входе АИН при минимальной входной частоте 5Гц и номинальной нагрузке двигателя $I_{\Phi(I)} = 211\text{A}$.

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\pi(I)} \cdot I_{\Phi(I)} \cdot \cos\varphi}{U}, \text{A.} \quad (11)$$

Неизменным будет и значение $I_{m(6)}=60,06\text{A}$. Емкость конденсатора без учета $I_{m(6)}$ составит:

$$C = \frac{I_{m(6)}}{6 \cdot K_{\pi} \cdot U}, \text{мкФ} \quad (12)$$

Таким образом, при уменьшении выходной частоты в 10 раз, величина емкости, необходимой для обеспечения того же уровня пульсаций напряжения на входе в АИН, возросла в 27 раз. Именно это значение емкости следует и выбирать.

Следует отметить, что применение схемы (рис.3) позволяет получить на выходе напряжением синусоидальной формы [5].

Кроме определения параметров инвертора не меньший интерес представляют и особенности выбора его самого.

Мощность самого инвертора выбирают по суммарной приведенной мощности потребителей и проверяют по допустимой перегрузке в режиме пуска самого мощного двигателя.

Приведенная расчетная мощность приемников электрической энергии $P_{\text{расч}}$ определяется с учетом неодновременности включения отдельных потребителей, что учитывается коэффициентом спроса K_c .

$$P_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^n K_{ci} \cdot P_i, \quad (13)$$

где P_i – номинальная мощность потребителя электрической энергии. При этом, при установке нескольких одинаковых приемников необходимо брать сумму этих мощностей; K_{ci} – коэффициент спроса i -го приемника.

Также необходимо иметь в виду, что существуют приемники, которые потребляют мощность, значительно превышающую номинальную, т.е. пусковую, которая определяется:

$$P_{\text{ПУСК}}^{MAX} = P_H \cdot K_{\pi}, \quad (14)$$

где P_n – номинальная мощность наиболее мощного электродвигателя; K_p – кратность пускового тока.

Далее из $P_{расч}$ вычитаем пусковую мощность наиболее мощного потребителя можно определить из выражения:

$$P_{PACЧ}^{k-1} = P_{PACЧ} - P_H \cdot K_C, \quad (15)$$

где $P_{PACЧ}^{k-1}$ - расчетная мощность всех потребителей без учета мощности наиболее мощного.

Тогда расчетную пиковую мощность инвертора можно определить:

$$P_{PACЧ}^{МАКС} = P_{PACЧ}^{k-1} + P_{ПУСК}^{МАКС}. \quad (16)$$

Далее по справочнику выбираем инвертор, но, при этом должны обязательно выполняться условия:

$$P_{ИНВ}^{НОМ} \geq P_{PACЧ}, \quad (17)$$

$$P_{ИНВ}^{ПИК} \geq P_{PACЧ}^{МАКС}, \quad (18)$$

где $P_{ИНВ}^{НОМ}, P_{ИНВ}^{ПИК}$ - номинальная и пиковая мощность инвертора.

Если пиковая мощность инвертора неизвестна, то ее можно определить:

$$P_{ИНВ}^{ПИК} = K_3 \cdot P_{ИНВ}^{НОМ} \quad (19)$$

где $K_3=1,5$ – коэффициент запаса.

Еще одной важной характеристикой при выборе инвертора является величина его входного напряжения.

Для уменьшения входных токов и потерь рекомендуется согласовывать входное напряжение и мощность инвертора: 12 В при мощности 600 Вт; 24 В при мощности от 600 до 1500 Вт; 48 В при мощности более 1500 Вт.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Разработана методика, которая позволяет определять параметры автономных инверторов напряжения, входящих в состав аккумуляторных батарейных систем и обеспечивающих на выходе синусоидальную форму напряжения.

2. Предложенная методика дает возможность обоснованно произвести выбор инвертора для работы в составе судовой энергетической системы. Переход к таким

системам позволит существенно сократить количество выбросов с морских судов в зонах экологического контроля

Список использованных источников

1. Рак, А. Н. Современные тенденции применения аккумуляторных батарей в электродвижении морских судов / А. Н. Рак, В. О. Гутаревич, И. П. Арзютов // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Седьмой национальной (всероссийской) научно-технической конференции, Петропавловск-Камчатский, 14–15 ноября 2024 года. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2025. – С. 73-78.
2. МАРПОЛ 73/78. Приложение VI (пересмотренное) к Конвенции "Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов" / ЗАО ЦНИИМФ Санкт-Петербург, 2022 – 50 с.
3. Руководство по применению положений Международной Конвенции МАРПОЛ 73/78. НД №2-030 101-049 / ФАУ «Российский морской регистр судоходства» Санкт-Петербург, 2022 – 135 с.
4. MAN Hybrid EcoAux. www.man-es.com.
5. Силовые полупроводниковые преобразователи энергии / А. А. Шавелкин; Харьков. нац. ун-т. городского хозяйства им. А. Н. Бекетова. – Харьков: ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2015. – 403 с.

Rak A.N., candidate of technical Sciences, associated professor, Kamchatka State Technical University,

Gutarevich V.O., doctor of technical Sciences, associated professor, Donetsk National Technical University.

JUSTIFICATION PARAMETERS OF RECHARGEABLE BATTERIES SYSTEMS FOR MARINE VESSEL

Abstract. The paper considers the features of determining the parameters and choosing rechargeable battery systems for powering AC consumers in modern marine facilities to meet their requirements of the International Convention. A method for selecting an inverter for operation as part of a ship's power system is proposed.

Keywords: rechargeable battery, inverter, filter

УДК 656.13

Парра С.А. аспирант 2 г.о., кафедра Транспортно-технологических процессов и машин Санкт-Петербургский Горный университет императрицы Екатерины II, E-mail: zuny1503@gmail.com;

Сафиуллин Р.Н. д.т.н., профессор, кафедра Транспортно-технологических процессов и машин Санкт-Петербургский Горный университет императрицы Екатерины II, E-mail: safravi@mail.ru;

Сорванов А.В. студент, кафедра Транспортно-технологических процессов и машин Санкт-Петербургский Горный университет императрицы Екатерины II, E-mail: rasenmaher@yandex.ru

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Аннотация: В статье предложена сформированная методика оценки эффективности систем пассажирских перевозок на основе интеграции нечеткой логики с многокритериальной системой принятия решений. Устраняя ограничения традиционных подходов в работе с субъективными и неопределенными данными, предлагается структура, которая синтезирует экономические, эксплуатационные, социальные, экологические критерии и безопасность. В методике используются гауссовские нечеткие функции принадлежности и система выводов на основе правил для количественной оценки эффективности, что позволяет динамически оптимизировать транспортные маршруты. Данный подход предоставляет транспортным операторам масштабируемый инструмент для повышения качества обслуживания, устойчивости и удовлетворенности пассажиров в городских системах мобильности.

Ключевые слова: эффективность общественного транспорта, нечеткая логика, многокритериальное принятие решений, устойчивая мобильность, интеллектуальные транспортные системы.

Введение

Городские системы пассажирского транспорта сталкиваются с возрастающими вызовами, вызванными повышенным спросом на мобильность, экологическими проблемами и требованиями к безопасности. Этот транспорт играет ключевую роль в обеспечении мобильности и доступности городских

территорий, и с ростом транспортных потоков возникает острая необходимость в более эффективном управлении. В этой сфере всё более значимыми становятся интеллектуальные технологии. Одновременно системы городского пассажирского транспорта усложняются из-за противоположных интересов заинтересованных сторон: операторы ориентируются на повышение экономической эффективности, пассажиры требуют высокого качества обслуживания, а регулирующие органы — на устойчивое развитие.

Традиционные подходы, такие как статистический анализ, регрессионные модели и оценка затрат и выгод, нередко оказываются недостаточно эффективными при работе с неточными или субъективными данными. Они не учитывают неопределенности, присущие качественным факторам, таким как комфорт пассажиров или надежность услуг, а также показателям, например, «комфорт для пользователя» или «воздействие на окружающую среду».

2. Состояние проблемы.

Однако оценка эффективности транспортного процесса является сложной задачей, требующей учета различных факторов. К ним относятся: скорость движения, плотность пассажиропотока, цена билета и уровень сервиса. Существует множество подходов к оценке эффективности[1], включая экономические показатели[2,3], качество обслуживания пассажиров, тарифы, комфорт[4–6], доступность[7] [8,9]. Оптимизация маршрутов и улучшение управления движением это ключевые преимущества интеллектуальных технологий. Однако важно иметь объективные критерии оценки эффективности, чтобы гарантировать достижение поставленных целей. Некоторые исследователи также рассматривают факторы, такие как выбросы парниковых газов[10,11], углеродный след[12–14] и технические показатели.

Нечеткая логика, представленная Заде в 1965 году, обеспечивает математическую основу для моделирования неопределенности с помощью нечетких множеств и лингвистических правил. Хотя нечеткая логика (Zadeh, 1965) уже применялась для оптимизации транспортных маршрутов (Meethom & Koohathongsumrit, 2020), существующим системам не хватает интеграции

количественной оценки рисков для исходных данных, связанных с методом многоокритериального принятия решений (MCDM).

Многие авторы использовали нечеткую логику для оценки, распределения и выбора транспортных маршрутов и видов транспорта. Meethom и Koohathongsumrit (2020) [15] разработали концепцию асимметричной системы поддержки принятия решений на основе нечетких чисел (FAHP) и многослойного объектного программирования «ноль-один» для ранжирования маршрутов распределения. Shen и др. (2021) [16] представили модель принятия решений, объединяющую метод Дельфи и нечеткое последовательное предпочтение (CFPR), для оценки мультимодальных коридоров между Вьетнамом и Китаем. Lu и др (2021) [17] использовали CFPR для решения задачи выбора маршрута для перевозки негабаритных грузов между Кореей и Балхашем. Wan и др. (2024) [18] определили оптимальный маршрут контейнерных перевозок с помощью интеграции трапецеидальной и облачной многоцелевой оптимизации на основе анализа отношений. Koohathongsumrit и др. (2024) [19] предлагают новый метод принятия решений, объединяющий метод наилучшего-худшего (BWM), нечеткую иерархическую оценку рисков (FHRA) и оценку аддитивного соотношения (ARAS). Этот подход декомпозирует проблему в иерархическую структуру и определяет оптимальное решение на трех отдельных этапах. Учитывая вышесказанное, существующие подходы позволяют определить наиболее подходящую альтернативу, но не позволяют рассчитать величины критериев риска в качестве исходных данных для методов множественного принятия решений.

Цель данной статьи заключается в устранении существующего пробела путем представления комплексной методики построения автоматизированной системы оценки перевозочного процесса пассажирского транспорта на основе нечеткой логики. В данной методике делается акцент на системном подходе к определению соответствующих показателей эффективности, построению систем нечетких выводов и интеграции этих систем для целостной оценки эффективности перевозок.

3. Методы и материалы

Для комплексной оценки эффективности перевозочного процесса пассажирского транспорта требуется многоокритериальный подход, учитывающий данные о видах транспорта, применяемых на каждом маршруте. Предлагаемая методика включает несколько ключевых этапов (см. рис. 1).

На этапе сбора данных собирается подробная информация о существующих маршрутах и остановочных пунктах. Эти данные служат основой для расчета показателей эффективности на последующих этапах.

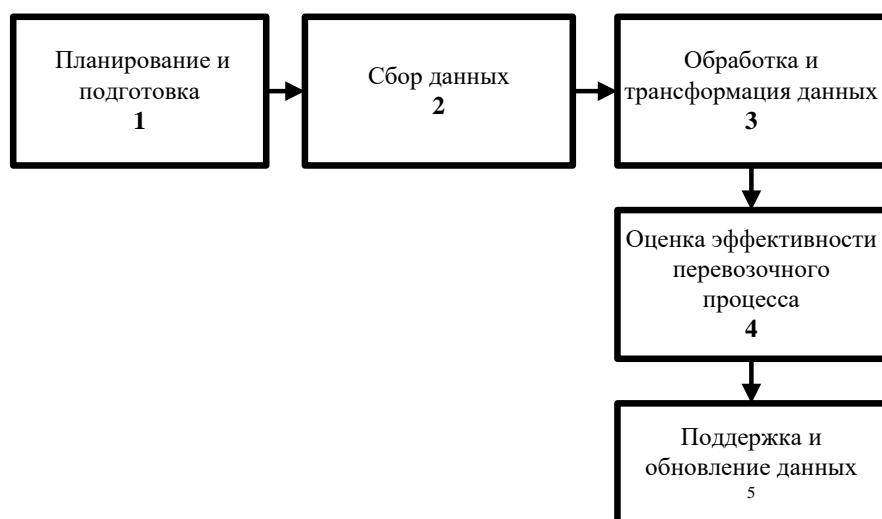


Рис. 1 Последовательность шагов оценки эффективности перевозочного процесса пассажирского транспорта [составлено авторами]

На этапе обработки и трансформации данных рассчитываются атрибуты, которые не собираются напрямую, например, общая длина маршрута и зона обслуживания. Данные нормализуются и приводятся к единому формату, удаляются дубликаты и исправляются ошибки. На основе собранных данных рассчитываются значения показателей эффективности (см. шаг 4).

Оценка эксплуатационных показателей эффективности включает в себя структурированный процесс (см. Рис. 2).

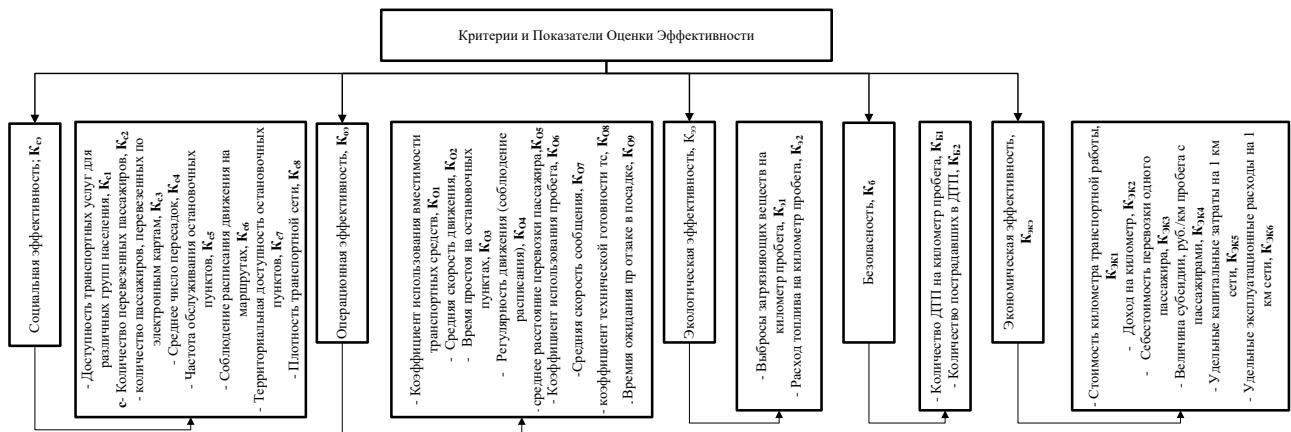


Рис. 2 Критерии и показатели для оценки эффективности перевозочного процесса пассажирского транспорта [составлено авторами]

Как видно на рисунке 2, оценка охватывает пять ключевых критериев: экономический, эксплуатационный, социальный, безопасность и экологический. Для каждого маршрута и вида транспорта определяются показатели эффективности, соответствующие этим критериям. Затем значения этих показателей сравниваются с установленными стандартами и эталонами для других маршрутов и видов транспорта. Такое сравнение помогает выявить области, требующие улучшения, что, в свою очередь, приводит к разработке целевых планов действий. Общая оценка эффективности рассчитывается как взвешенная сумма оценок по отдельным критериям (уравнение 1).

$$f = \int (\alpha_1 K_{c\theta} + \alpha_2 K_{o\theta} + \alpha_3 K_{e\theta} + \alpha_4 K_b + \alpha_5 K_{ee\theta}) \quad (1)$$

где: f - Общая оценка эффективности, $K_{c\theta}$ - критерий социальной эффективности, $K_{o\theta}$ - критерий эксплуатационной эффективности, $K_{e\theta}$ -критерий экологической эффективности , $K_{ee\theta}$ - критерий экономической эффективности, K_b - критерий безопасности. $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ - коэффициенты представляют собой весовые значения, присвоенные каждому критерию, которые отражают их относительную важность

Для разработки нечеткой модели (см. Рис. 3) вначале были определены входные и выходные параметры нечеткой логической системы. В данной статье для оценки социальной, эксплуатационной, экологической, экономической

эффективности и безопасности были заданы входные параметры: K_{ce} , K_{os} . Выходной параметр был определен как эффективность транспортной системы.

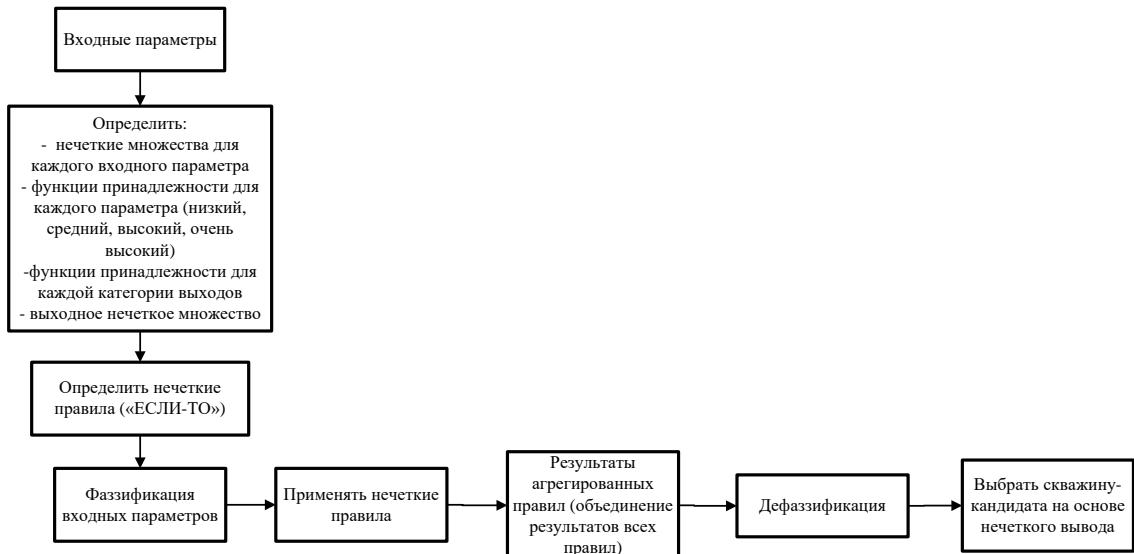


Рис. 3 Схема системы вывода [составлено авторами]

Создание системы нечеткой логики состоит из четырех основных этапов:

- 1) Для каждой переменной, будь то входная или результирующая переменная, должен быть определен набор функций принадлежности. Слово, такое как высокий, средний или низкий, служит типичным представлением функции принадлежности, которая определяет степень принадлежности значения переменной к группе относительно совокупности рассуждений.
- 2) Определяются утверждения или правила, связывающие функции принадлежности каждой переменной с результатом, обычно с помощью серии утверждений IF-THEN. Правила также взвешиваются в порядке важности относительно их лингвистической переменной. Правило может быть следующим: Если стоимость ожидания низкая, а время в пути между остановками короткое, а стоимость времени в пути низкая, а коэффициент использования вместимости высокий, то эффективность высокая.
- 3) Выполняется математическая оценка правил и результаты объединяются. Агрегирование - это метод, используемый для оценки каждого правила.
- 4) Дефаззификация - это метод, используемый для оценки результирующей функции в виде острого числа.

Утверждения или правила, связывающие функции принадлежности (ФП) каждой переменной с результатом, определяются, как правило, с помощью ряда утверждений ЕСЛИ-ТО. Правила также взвешиваются в порядке важности для их лингвистической переменной [21].

Архитектура нечеткой логики описывается следующим образом.

1. Четкие входные данные: относятся к конкретным и точным числовым значениям, вводимым в систему нечеткой логики. В отличие от нечетких входных данных, которые связаны со степенями принадлежности и могут представлять собой расплывчатость или неопределенность, эти данные являются четкими и четко определенными.

2. Нечеткая обработка: На этом этапе входные значения преобразуются в нечеткие значения с помощью функций принадлежности.

3. База знаний: Включает в себя базу данных функций и базу правил, определяющую правила нечеткой логики. Функции принадлежности определяют, как каждая входная переменная преобразуется в степень принадлежности к нечеткому множеству. База правил включает набор правил «ЕСЛИ-ТО», которые определяют отношения между входными и выходными нечеткими наборами.

4. Механизм вывода: этот компонент применяет нечеткие правила к нечетким входам для генерации нечетких выходов.

5. Дефазификация: На этом этапе нечеткие выходные значения преобразуются в четкие, чтобы получить результаты, пригодные для практического применения.

6. Неточный вывод: означает конкретный и точный числовой результат, полученный в результате процесса нечеткой логики. В отличие от нечетких выводов, которые могут быть расплывчатыми и представлены степенями принадлежности к различным множествам, точный результат - это единое, определенное значение, которое может быть использовано непосредственно для принятия решений или управления (см. Рис. 4).



Рис. 4 Схема архитектуры нечеткой логики [21]

Далее были определены функции принадлежности. В данной статье использовались следующие лингвистические переменные: «Очень низкий» (ОН), «низкий» (Н), «средний» (С), «высокий» (В) и «очень высокий» (ОВ); «короткий» (К), «средний» (С), «длинный» (Д) и «очень длинный» (ОД).

В данном исследовании для отражения оценок эффективности лиц, принимающих решения, использовались гауссовские нечеткие числа.

Все маршруты обладают отличительными свойствами, а критерии имеют разные приоритеты. Для решения этой задачи необходимо найти оптимальные критерии между социальной, эксплуатационной и экономической эффективностью и весами для получения оптимального результата.

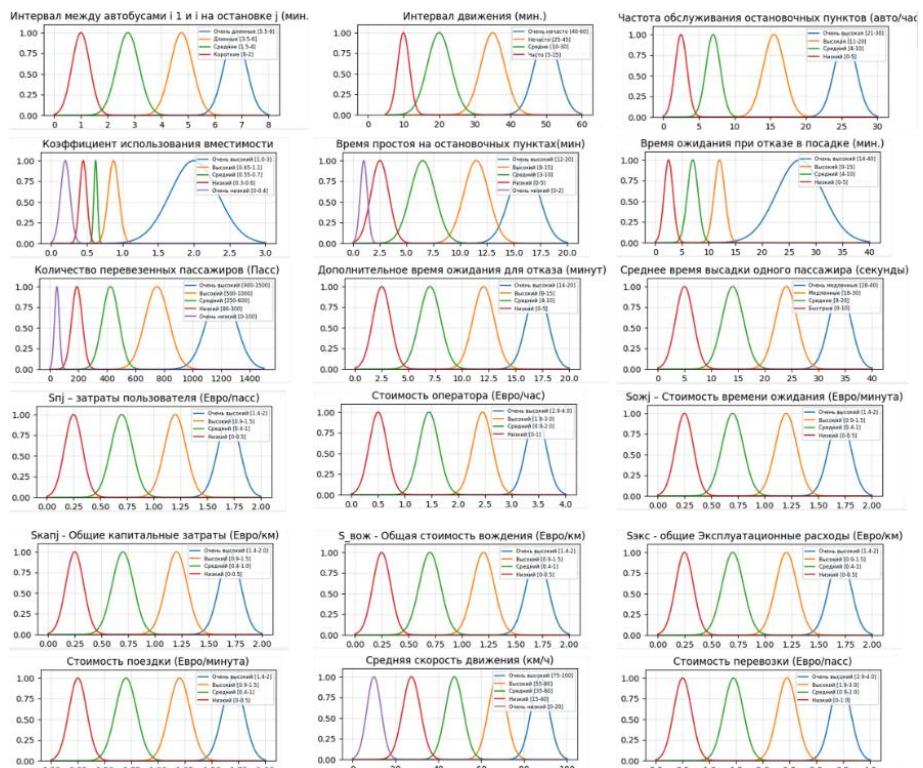


Рис. 5 Функция принадлежности к показателю [составлено авторами]

Все маршруты обладают отличительными свойствами, а критерии имеют разные приоритеты. Для решения этой задачи необходимо найти оптимальные критерии между социальной, эксплуатационной и экономической эффективностью и весами для получения оптимального результата.

Эти лингвистические переменные являются входными данными для данной системы и представлены визуально с помощью гауссовой функции принадлежности для показателей (рис.5).

Таблица 1 - Диапазон уровней показателей для обработки данных [составлено авторами]

Критерии	Показатели	Диапазон уровней показателей				
		OH (м)	H [0;200]	C [150;400]	B [350;700]	OB [650;900]
K _{c1}						
	K _{c2}	OH пасс	H. [0;160]	C [140;400]:	B [350;700]	OB [600;1500]
	K _{c3}	OH пасс.	H [0;100]	C [80;300]	B [250;600]	OB [500;1000]
	K _{c4}	OH пересадок	H [0;0,5]	C [0.4;1]	B [0.8;1.5]	OB [1.2;2]
	K _{c5}	OH авто/час	H [0;2]	C [1.5;5]	B [4;10]	OB [9;20]
	K _{c6}	OH %	H [0–20]	C [15;40]	B [35;70]	OB [65;90]
	K _{c7}	OH м	H [0;200]	C [150;400]	B [350;700]	OB [650; 900]
	K _{c8}	OH км/км ²	H [0;2]	C [1,5;5]	B [4;10]	OB [9;20]
K _{o3}	K _{o1}	OH км/ч	H [0;0.2]	C [0.15;0.4]	B [0.35;0.7]	OB [0.65;0.9]
	K _{o2}	OH минут	H [0;20]	C [15;40]	B [35;60]	OB [55;80] к [75;100]
	K _{o3}	OH минут	H [0;2]	C [0;5]	B [3;10]	OB: [8;15] [12;20]
	K _{o4}	OH %	H [0–20]	C [15;40]	B [35;70]	OB [65;90]
	K _{o5}	OK km	K [0;2]	C [1.5; 5]	D [4;10]	OD [9;20] [18;30]
	K _{o6}	OH км	H [0;0,2]	C [0.15;0.4]	B [0.35;0.7]	OB [0.65;0.9]
	K _{o7}	OH км	H [0;0,2]	C [0.15;0.4]	B [0.35;0.7]	OB [0.65;0.9]

Критерии	Показатели	Диапазон уровней показателей				
K_3	км/ч	[0;20]	[15;40]	[35;60]	[55;80]	[75;100]
	K_{31}	OH	H	C	B	OB
	г/км	[0;50]	[40;100]	[90;150]	[140;200]	[190;300]
	K_{32}	OH	H	C	B	OB
K_6	л/км	[0;2]	[1.5;4]	[3.5;6]	[5.5;8]	[7.5;8]
	Кб/аварий/км	OH [0;0,1]	H [0,05;0,3]	C [0,2;0,5]	B [0,4;0,8]	OB [0,7;1,0]
	K_{62}	OH	H	C	B	OB
	ранений	[0;1]	[0,5;3]	[2;5]	[4;8]	[7;10]
$K_{\text{эк}}$	$K_{\text{эк}1}$	OH	H	C	B	OB
	\$/км	[0; 1]	[0,8; 2]	[1,5;3]	[2,5;5]	[4;10]
	$K_{\text{эк}2}$	OH	H	C	B	OB
	\$/км	[0;2]	[1,54]	[3,5;6]	[5,5;8]	[7,5;10]
	$K_{\text{эк}3}$	OH	H	C	B	OB
	\$/пассажир	[0;0,5]	[0,4;1]	[0,8;1,5]	[1,2;2]	[1,8;3]
	$K_{\text{эк}4}$	OH	H [8;20]	C	B	OB
	руб./км	[0;10]		[18;40]	[35;60]	[55;80]
$K_{\text{эк}5}$	$K_{\text{эк}5}$	OH	H	C	B	OB
	\$/км	[0;10,00 0]	[8,000;20,00 0]	[18,000;4 0,000]	[35,000;60,00 0]	[55,000;80,00 0]
	$K_{\text{эк}6}$	OH	H	C	B	OB
	\$/км	[0;500]	[00;\$1,000]	[800;1,50 0]	[1,200;2,000]	[1,800;3,000]

Эти лингвистические переменные являются входными данными для данной системы и представлены визуально с помощью гауссовой функции принадлежности для показатели, как показано на рис. 5.

Для каждого нечеткого множества задается функция принадлежности, которая определяет степень принадлежности конкретного значения к этому множеству. После определения нечетких множеств устанавливаются нечеткие правила, которые соотносят показатели с наиболее удобным названием.

- Если общая стоимость перевозки высокая, а скорость движения низкая, то эффективность низкая.
- Если время в пути между остановками короткое, а количество перевезенных пассажиров/км высокое, то эффективность высокая.
- Если дополнительное время ожидания из-за отказа высоко, а коэффициент использования вместимости низкий, то эффективность низкая.

- Если частота обслуживания высокая, а затраты оператора средние, то эффективность средняя.
- Если время ожидания посадки короткое, а эксплуатационные расходы низкие, то эффективность высокая.
- Если затраты оператора очень высоки, а пассажиро-километры низкие, то эффективность низкая.
- Если затраты оператора средние, а частота обслуживания высокая, то эффективность высокая.
- Если затраты оператора высоки, а коэффициент использования вместимости высокий, то эффективность средняя
- Если стоимость перевозки пассажира очень высокая, а пассажиро-км низкий, то эффективность низкая.
- Если стоимость пассажирских перевозок средняя, а коэффициент использования вместимости высокий, то эффективность высокая .
- Если стоимость пассажира низкая, а частота обслуживания высокая, то эффективность высокая.
- Если стоимость ожидания низкая, а время в пути между остановками короткое, а стоимость времени в пути низкая, а коэффициент использования вместимости высокий, то эффективность высокая.
- Если эксплуатационные затраты высоки и количество перевезенных пассажиров на километр пути низкое и частота обслуживания низкая, то эффективность низкая
- Если стоимость ожидания низкая, а время в пути между остановками короткое, а стоимость времени в пути низкая, а коэффициент использования вместимости высокий, то эффективность высокая.
- Если эксплуатационные затраты высоки и количество перевезенных пассажиров на километр пути низкое и частота обслуживания низкая, то эффективность низкая.
- Если дополнительное время ожидания отказа в посадке высокое и время ожидания посадки и высадки длинное, то эффективность низкая.

- Если скорость движения высокая и интервал между остановками короткий и общие транспортные затраты средние, то эффективность средняя.
- Если затраты оператора низкие и затраты пассажиров низкие и затраты на пребывание в автобусе низкие, то эффективность высокая.

Таким образом, транспортный маршрут с наибольшей степенью эффективности считается наиболее эффективным.

Транспортные маршруты имеют свои особенности, и критерии оценки имеют разные приоритеты. Поэтому для решения этой проблемы с помощью методов анализа фактических данных были определены оптимальные критерии и весовые коэффициенты между социальной, эксплуатационной и экономической эффективностью.

На этапе дефазификации применяется метод центроида для получения комплексных оценок эффективности в диапазоне от 0 до 100% (см. уравнение 1)

$$Y_d = \frac{\sum_{l=1}^R \delta_l \mu_{B_l(\delta_l)}}{\sum_{l=1}^R \mu_{B_l(\delta_l)}}$$

Где δ_l - центр тяжести нечеткого множества выхода B_l l-го правила, R - количество правил.

На этапе "Ведение и обновление данных" разрабатывается процедура внесения изменений в базу данных. Качество данных периодически проверяется, а ошибки исправляются.

Методика, представленная в данной статье, предлагает надежный и гибкий подход к оценке эффективности пассажирских перевозок. В отличие от классических методов, таких как регрессионные модели, которые требуют точных данных и сталкиваются с качественными критериями, подход на основе нечеткой логики эффективно учитывает лингвистические переменные и справляется с неопределенностями, присущими реальным транспортным системам.

В отличие от классических методов оценки (например, регрессионных моделей), которые обычно требуют точных данных и не учитывают неточности некоторых качественных критериев, нечеткий подход продемонстрировал большую гибкость, включив в оценку лингвистические переменные (например, "очень высокий", "высокий", "средний", "низкий", "очень низкий").

Выводы

Предложенная методика обеспечивает эффективный, обновленный и основанный на реальных данных учет, облегчая принятие решений. Система представляет собой вспомогательный инструмент для транспортных органов и операторов, позволяющий оптимизировать планирование и повысить удовлетворенность пользователей.

В статье представлен комплексный подход, иллюстрирующий возможности нечеткой логики для повышения точности оценки и повышения эффективности пассажирского транспорта. Совмещение методов нечеткой логики помогает справляться с неопределенностью и сложностью показателей, предоставляя действенный инструмент для принятия решений.

В дальнейшем возможна интеграция других методов искусственного интеллекта с целью усовершенствования модели. Испытание разработанной модели на конкретном примере даст практические подтверждения ее реализуемости и способности масштабироваться.

Список использованных источников

1. Kurganov V.M, Gryaznov M.V, Kolobanov S.V. Assessment of operational reliability of quarry excavator-dump truck complexes // Journal of Mining Institute. 2020. Vol. 241. p. 10-21. DOI: 10.31897/PMI.2020.1.10.
2. Semenova T., Martínez Santoyo J.Y. Determining Priority Areas for the Technological Development of Oil Companies in Mexico // Resources. 2025. Vol. 14, № 1. <https://doi.org/10.3390/resources14010018>.

3. Safiullin R., Efremova V., Ivanov B. The Method of Multi-criteria Evaluation of the Effectiveness of the Integrated Control System of a Highly Automated Vehicle. Open Transp J, 2024; 18: e18744478309909. <http://dx.doi.org/10.2174/0118744478309909240807051315>.
4. Bruzzone F., Cavallaro F., Nocera S. Environmental and energy performance of integrated passenger–freight transport // Transp. Res. Interdiscip. Perspect. 2023. Vol. 22. P. 100958. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100958>.
5. Ong A.K.S. et al. Utilizing a machine learning ensemble to evaluate the service quality and passenger satisfaction among public transportations // J. Public Transp. 2023. Vol. 25. P. 100076. <https://doi.org/10.1016/j.jpubtr.2023.100076>.
6. Kaledina N.O., Malashkina V.A. Indicator assessment of the reliability of mine ventilation and degassing systems functioning // Journal of Mining Institute. 2021. Vol. 250. p. 553-561. DOI: 10.31897/PMI.2021.4.8.
7. Dömeny I., Dolinayová A., Čarný Š. Methodology Proposal of Monitoring Economic Indicators in a Railway Passenger Transport Company Using Controlling Tools // Transp. Res. Procedia. 2021. Vol. 55. P. 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.06.015>.
8. Балгабеков Т.К., Каиржан Б.Б. Повышение Эффективности Использования Транспортных Средств При Транспортировке Грузов // Наука И Мир. 2018. № № 10-2(62). Р. 10–13.
9. Grube T. et al. Passenger car cost development through 2050 // Transp. Res. Part Transp. Environ. 2021. Vol. 101. P. 103110. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103110>.
10. Kim K., Matsuhashi K., Ishikawa M. Analysis of primary-party traffic accident rates per driver in Japan from 1995 to 2015: Do older drivers cause more accidents? // IATSS Res. 2023. Vol. 47, № 4. P. 447–454. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2023.09.001>.
11. Li X. et al. Comprehensive evaluation model of the urban low-carbon passenger transportation structure based on DPSIR // Ecol. Indic. 2023. Vol. 146. P. 109849. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109849>.

12. Rojas C. et al. Short run “rebound effect” of COVID on the transport carbon footprint // Cities. 2022. Vol. 131. P. 104039. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104039>.
13. Maksimov A.L et al. Physico-chemical aspects and carbon footprint of hydrogen production from water and hydrocarbons // Journal of Mining Institute. 2024. Vol. 265. p. 87-94. EDN HWCPDC.
14. Shojaee Barjoe S., Rodionov V., Vaziri Sereshk A.M. Noise climate assessment in ceramic industries (Iran) using acoustic indices and its control solutions // Adv. Environ. Technol. 2025. Vol. 11, № 1. P. 91–115. <https://doi.org/10.22104/aet.2024.6922.1899>.
15. Meethom W., Koohathongsumrit N. A decision support system for road freight transportation route selection with new fuzzy numbers // foresight. Emerald Publishing Limited, 2020. Vol. 22, № 4. P. 505–527. <https://doi.org/10.1108/FS-10-2019-0090>.
16. Shen, L., et al. Transportation routes evaluation: A delphi and CFPR approach. J. Intell. Fuzzy Syst. 41 (4), 4841–4854. <https://doi.org/10.3233/JIFS-189969>. 2021. <https://doi.org/10.3233/JIFS-189969>.
17. Lu W., Choi S.-B., Yeo G.-T. Resilient route selection of oversized cargo transport: the case of South Korea–Kazakhstan // Int. J. Logist. Manag. Emerald Publishing Limited, 2022. Vol. 33, № 2. P. 410–430. <https://doi.org/10.1108/IJLM-11-2020-0445>.
18. Wang N., Chen M., Wang N. An Improved CBBA Generation Method Based on Triangular Fuzzy Numbers // Int. J. Comput. Intell. Syst. 2024. Vol. 17, № 1. P. 22. <https://doi.org/10.1007/s44196-023-00398-0>.
19. Koohathongsumrit N., Chankham W., Meethom W. Multimodal transport route selection: An integrated fuzzy hierarchy risk assessment and multiple criteria decision-making approach // Transp. Res. Interdiscip. Perspect. 2024. Vol. 28. P. 101252. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101252>.
20. Safiullin R. N., Parra A. Z. Comprehensive Assessment of the Effectiveness of Passenger Transportation Processes using Intelligent Technologies // Open

Transp. J. 2024. Vol. 18.

<https://doi.org/10.2174/0126671212320514240611100437>.

21. Ohia N.P. et al. Artificial intelligence-driven fuzzy logic approach for optimal well selection in gas lift design: A brown field case study // Results Eng. 2025. Vol. 25. P. 103927. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.103927>.

Parra S. A. Postgraduate student of the 2nd year. , E-mail: zuny1503@gmail.com, Departments of Transport and Technological Processes and Machines Empress Catherine II St. Petersburg Mining University.

Safiullin R. N. Dr.Sc., Professor, E-mail: safravi@mail.ru, Departments of Transport and Technological Processes and Machines Empress Catherine II St. Petersburg Mining University.

Sorvanov A.F., Departments of Transport and Technological Processes and Machines Empress Catherine II St. Petersburg Mining University.

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF THE PASSENGER TRANSPORTATION PROCESS IN URBAN AGGLOMERATION

Abstract: The article proposes a formed method for assessing the efficiency of passenger transport systems based on the integration of fuzzy logic with a multi-criteria decision-making system. Addressing the limitations of traditional approaches in handling subjective and uncertain data, we propose a framework that synthesises economic, operational, social, environmental and safety criteria. The methodology employs Gaussian fuzzy membership functions and a rule-based inference system to quantify efficiency, enabling dynamic optimisation of transport routes. This approach provides transport operators with a scalable tool to improve service quality, sustainability and passenger satisfaction in urban mobility systems.

Keywords: public transport efficiency, fuzzy logic, multi-criteria decision making, sustainable mobility, intelligent transport systems.

УДК 004.89

Сафиуллин Р.Н., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Транспортно-технологических процессов и машин», Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, СПБ, Россия, safravi@mail.ru

Сорокин К.В., аспирант, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, СПБ, Россия, kiros_00@bk.ru

Канаши Ю.М., студент, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, СПБ, Россия, kanash.yousef@mail.ru

Попов А.В., магистр, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, СПБ, Россия, p0p0valexand3r@gmail.com

АЛГОРИТМ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ В ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОАВТОМОБИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. Рост числа электромобилей требует эффективного планирования зарядной инфраструктуры, обеспечивающего равномерное распределение станций и предотвращающего перегрузку сети. Традиционные методы размещения зарядных станций часто не учитывают динамические изменения спроса, что приводит к неэффективному использованию ресурсов. В данной статье рассматривается использование алгоритмов машинного обучения для оптимизации размещения зарядных станций с учётом плотности электромобилей, транспортных потоков, доступности энергосетей и сезонных колебаний спроса. Применение алгоритма машинного обучения позволяет не только повышать экономическую эффективность зарядных станций, но и создавать адаптивную систему управления зарядной инфраструктурой, способную реагировать на изменения в режиме реального времени.

Ключевые слова: Электроавтомобиль, зарядная инфраструктура, машинное обучение, оптимизация размещения, прогнозирование спроса.

Введение

С развитием технологий и распространением электромобилей зарядная инфраструктура становится основным элементом городской экосистемы. Однако её неравномерное распределение порождает комплекс взаимосвязанных проблем. В районах с высокой концентрацией

электромобилем владельцы сталкиваются с отсутствием необходимого количества зарядных станций, что приводит к длительным очередям и, как следствие, увеличение времени на каждую зарядку электроавтомобиля. Помимо этого, в зонах с низким спросом на данную услугу наблюдается переизбыток малоиспользуемых станций, что не только истощает ресурсы, но и подрывает экономическую целесообразность проектов. Также это усугубляется ограничениями энергосетей, особенно в периоды пикового потребления, когда нагрузка превышает расчётные мощности. Дополнительную сложность создаёт негибкость существующей инфраструктуры, которая не успевает адаптироваться к быстро меняющимся паттернам спроса, сезонным колебаниям и урбанистическим трансформациям [8].

Для преодоления этих системных проблем требуются инновационные решения, способные интегрировать динамические факторы — от транспортных потоков до энергопотребления. Машинное обучение открывает новые возможности за счёт анализа многомерных данных: прогнозирования спроса в реальном времени, оптимизации распределения ресурсов и моделирования сценариев развития. Такой подход позволяет не только реагировать на текущие вызовы, но и проектировать адаптивную инфраструктуру, способную развиваться вместе с ростом количества электроавтомобилей [5, 8].

По данным аналитического агентства «Автостат», за 2023 год в России было продано 14 089 электромобилей, что свидетельствует о значительном росте интереса к электрическому транспорту. В 2024 году продажи достигли 21 785 электромобилей, а по итогам первых 7 месяцев 2024 года было продано 11 387 новых электромобилей, что почти в 3 раза больше, чем за аналогичный период 2023 года. На 1 января 2025 года в России было зарегистрировано 59 600 электромобилей, что составляет 0,12% от общего числа зарегистрированных автомобилей рис. 1.



Рис. 1. Количество электромобилей в РФ (2015-2024)

В Санкт-Петербурге, как одном из крупнейших мегаполисов России, наблюдается схожая тенденция в 2020 году число составило электромобилей составило 199, к 2021 – 218, а уже в 2022 году парк вырос в 4,4 раза до 961 единицы. В 2023 году показатель удвоился, а к 2024 достиг 4 632, что почти вдвое больше предыдущего года. За пять лет количество электромобилей в городе увеличилось в 23 раза, демонстрируя резкий переход к экологичной мобильности рис. 2.

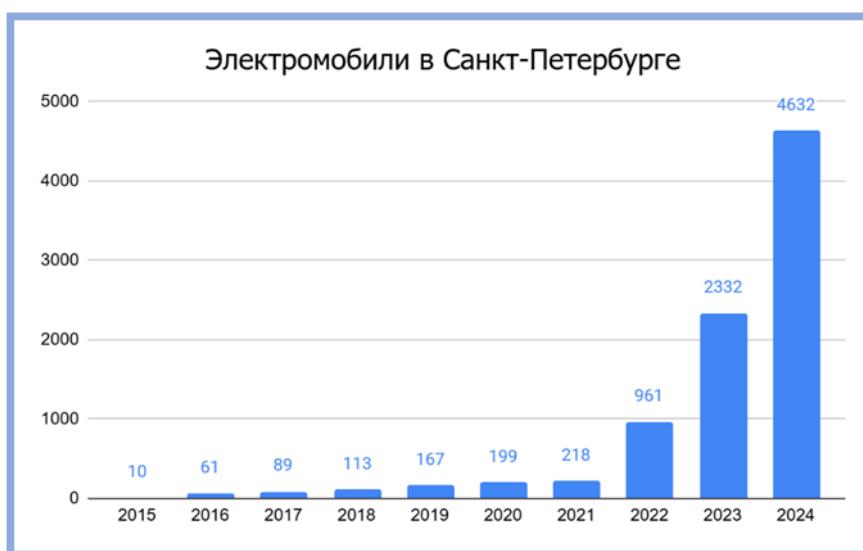


Рис. 2. Количество электромобилей в Санкт-Петербурге (2015-2024)

Рост числа электромобилей в России напрямую стимулировал развитие зарядной инфраструктуры. Поэтому число публичных зарядных станций в

России увеличилось в 6 раз с 2022 по февраль 2025 года и достигло 8 185, из которых 3 805 относились к «быстрым», а остальные — к «медленным».

В Санкт-Петербурге развитие зарядной инфраструктуры также набирает обороты рис. 3. К концу 2024 года число ЗС достигло 254 единиц, что в сравнении с прошлогодним результатом делает разницу более чем на 50%. Однако, несмотря на положительную динамику, существующая инфраструктура все еще не полностью соответствует растущему спросу, особенно в периферийных районах и на межгородских трассах. Это наблюдается на относительном показателе количества электроавтомобилей на одну единицу зарядной станции. Для сравнения этого показателя был взят город Осло, который, на сегодняшний день, является лидером в этом направлении рис. 4. На графике можно заметить ключевое различие в динамике между Санкт-Петербургом и Осло: в то время как в норвежской столице показатель сохраняется на стабильном уровне около 10–11 электромобилей на одну ЭЗС, в Санкт-Петербурге он неуклонно растёт, что усиливает дисбаланс между спросом и инфраструктурой. Для решения этой проблемы надо пропорционально динамике роста количества электроавтомобилей увеличивать число зарядных станций.

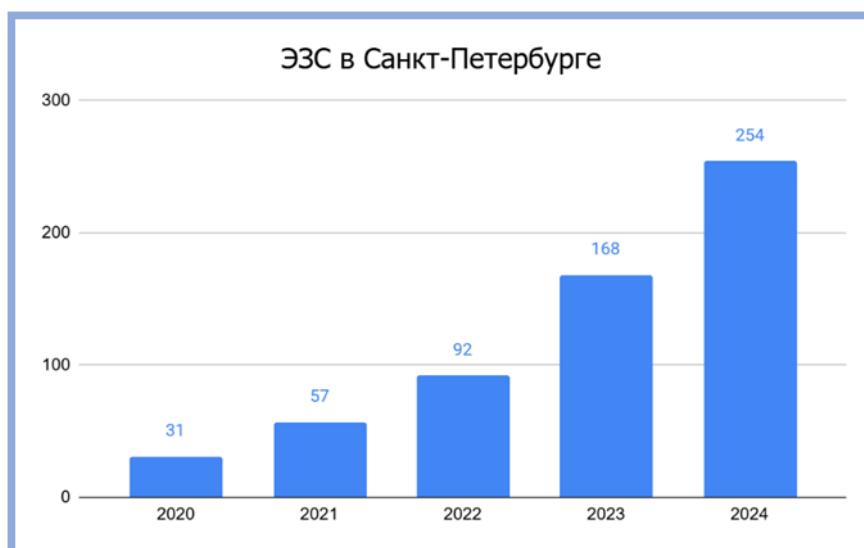


Рис. 3. Количество ЭЗС в Санкт-Петербурге (2020-2024)

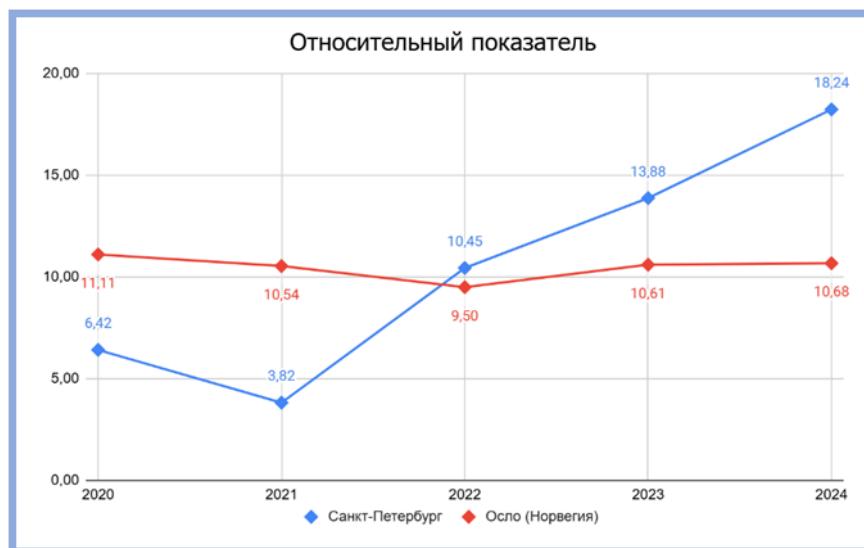


Рис. 4. Относительный показатель количества электромобилей к одной ЭЗС (2020-2024)

Основная часть

Как показывает статистика, количество электроавтомобилей в России и в Санкт-Петербурге увеличивается стремительными темпами, однако существующая инфраструктура не успевает адаптироваться к этим изменениям. Центральные и спальные районы перегружены, тогда как в менее плотных районах станции остаются практически неактуальны, что ведет к неэффективному использованию ресурсов. Традиционные методы планирования не учитывают сезонные колебания, плотность потенциальных клиентов и транспортный поток, что приводит к локальным перегрузкам и снижению удобства для пользователя. Помимо этого, важнейшей проблемой остается отсутствие прогнозирования спроса, из-за чего новые станции могут устанавливаться не там, где они действительно нужны, а зачастую там, где это установка будет технически проще или дешевле, в результате этого станция оказывается менее эффективна, как экономически, так и технологически. Все это делает необходимым поиск новых подходов к размещению и управлению зарядной инфраструктурой. Применение методов машинного обучения [1] позволяет решить эти проблемы за счёт анализа большого количества данных и прогнозирования потребности в зарядных станциях с высокой точностью рис.5.



Рис. 5. Алгоритм распределения зарядных станций

В отличие от традиционных подходов, система способна учитывать не только текущую ситуацию, но и выявлять скрытые закономерности, позволяя предсказывать будущие изменения спроса. При этом учитываются такие параметры, как плотность электромобилей в конкретных районах, загруженность дорог в разное время суток, доступность мощностей энергосетей, социально-экономические характеристики населения, близость крупных деловых и торговых центров и даже погодные условия, влияющие на энергопотребление электромобилей [4]. Такой комплексный анализ делает возможным не только эффективное размещение новых станций, но и адаптацию существующей инфраструктуры под изменяющиеся условия [5]. Особое преимущество алгоритма машинного обучения заключается в его способности прогнозировать спрос на долгосрочную перспективу, что позволяет компаниям, которые предоставляют услугу заряда, заранее планировать расширение зарядной сети. Вместо того чтобы реагировать на уже возникшие перегрузки, можно заранее определить зоны, где в ближайшие времена возникнет высокий спрос, и разместить станции таким образом, чтобы избежать их возможного дефицита. Такой подход позволяет существенно снизить издержки, связанные с неравномерным распределением станций, и делает использование инфраструктуры более рациональным, а также увеличить рентабельность одной зарядной станции и уменьшить срок ее окупаемости. На графике, который представлен на рис. 6, можно отчетливо проследить, что станция начнет окупаться в течении 10 лет в случае, если в течении суток на ней будет

обслуживаться минимум 4 электроавтомобиля, а самым оптимальным значением будет 6-7 пользователей в сутки, в таком случае станция окупится за 3,5-4,5 года. Прийти к данным показателям вполне реально, так как на сегодняшний день на каждую зарядную станцию приходится 19 транспортных средств (рис. 4), задача заключается только в их грамотном распределении.

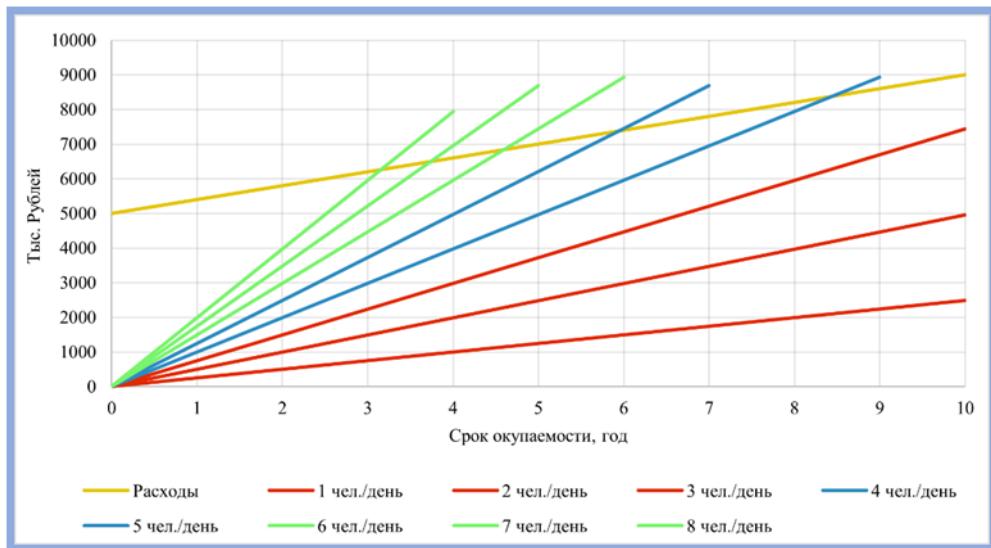


Рис. 6. График окупаемости одной ЭЗС

Применение машинного обучения также открывает возможности для создания адаптивной системы управления зарядной инфраструктурой, способной автоматически регулировать её работу в зависимости от текущего спроса [3]. Система может анализировать в реальном времени загрузку зарядных станций, изменять режим их работы в зависимости от времени суток, перенаправлять водителей к менее загруженным точкам при помощи рекомендаций или регулированием цены на заряд, а также учитывать состояние энергосетей и перераспределять нагрузку, предотвращая локальные перегрузки [2]. Такая гибкость особенно важна в условиях быстрого роста числа электромобилей, когда статические схемы планирования оказываются неэффективными.

В перспективе интеграция алгоритмов машинного обучения с городскими системами управления трафиком и энергопотреблением может дать ещё больший эффект. Анализ транспортных потоков позволит корректировать

расположение будущих станций с учётом изменений в инфраструктуре города, а взаимодействие с энергосистемой обеспечит более стабильное потребление электроэнергии. В перспективе это приведёт к формированию интеллектуальной зарядной сети, способной автоматически адаптироваться к изменениям и обеспечивать максимально удобный доступ к зарядным станциям для всех пользователей [7, 9].

Заключение

Динамичное развитие рынка электромобилей в России и Санкт-Петербурге требует адаптации зарядной инфраструктуры к изменяющимся условиям спроса. Без особого труда можно увидеть, что традиционные методы размещения зарядных станций не обеспечивают равномерного покрытия, это в свою очередь приводит к дисбалансу и недоиспользованию станций в периферийных зонах.

Применение алгоритмов машинного обучения позволяет учитывать множество факторов – от плотности электромобилей до транспортных потоков и энергопотребления, обеспечивая более точное прогнозирование потребностей в зарядных станциях. Такой подход не только повышает эффективность размещения инфраструктуры, но и сокращает затраты на её эксплуатацию, а также снижает риски перегрузки сети.

Интеграция машинного обучения в управление зарядными станциями открывает возможности для гибкой адаптации сети в реальном времени, что позволит оптимизировать работу существующих станций и планировать их дальнейшее расширение. В перспективе это создаст интеллектуальную систему зарядной инфраструктуры, способную оперативно реагировать на рост числа электромобилей и обеспечивать их пользователей стабильным и удобным доступом к зарядным точкам.

Список использованных источников

1. Симонова Л., Егорова Е., Ахмадиев А. / Нейронные сети в производстве (статья)// (2022) Российские инженерные исследования, 2022, Том 42, № 3, с. 278-281.

2. Л. А. Симонова, Д. Н. Демьянов, А. А. Капитонов/ Интеллектуальная информационная система для формирования проектных ограничений в автомобильной промышленности // Российские инженерные исследования, 2020, Том 40, № 12, с. 1034-1038.
3. Малыгин И., Селиверстов Ю., Селиверстов С., Фахми С., Сильников М., Муксимова Р., Гергель Г., Чигур В. Мобильные технологии в интеллектуальных транспортных системах // Коммуникации в информатике. 2020. Т. 1140. С. 384-391.
4. Риск-ориентированное управление старением электрооборудования по техническому состоянию в системе нормальной эксплуатации АЭС, Назарычев А., Андреев Д., Мельникова О., Пугачев А., Материалы конференции AIP 2552, 050007 (2022), <https://doi.org/10.1063/5.0114598>
5. Селиверстов Я. А., Гергель Г. Ю., Селиверстов С. А., Никитин К. В., Развитие интеллектуальных транспортных систем на основе мобильных технологий и процедур анализа социальной активности городского населения // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2018, – Т.11 – С.47–64. DOI: 10.18721/JCSTCS.11105.
6. Сафиуллин Р.Н., Морозов Е.В. Методика обоснования технических требований и оценки характеристик измерительных средств автоматизированного контроля движения автомобильного транспорта. Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2020. № 5. С. 47-51.
7. Сафиуллин Р.Н., Пыркин О.П., Карпов С.Н., Демченко В.А. Системы автоматического управления технологическими процессами доставки грузов в транспортно-логистических структурах материально-технического обеспечения. Свое издательство. Санкт-Петербург, 2021Lomazov V., Lomazov A., Petrosov D., Akupian O. Intelligent evaluation of implementation road infrastructure development program // Transportation Research Procedia. 2022, vol. 63, pp.1089-1094. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.06.111.

8. Tian, H., Safiullin, R. N., Safiullin, R. R. Integral Evaluation of Implementation Efficiency of Automated Hardware Complex for Vehicle Traffic Control. International Journal of Engineering, 2024; 37(8): 1534-1546. doi: 10.5829/ije.2024.37.08b.07
 9. Safiullin, R. N., Safiullin, R. R., Sorokin, K. V., Kuzmin, K. A., Rudko, V. A. Integral Assessment of Influence Mechanism of Heavy Particle Generator on Hydrocarbon Composition of Vehicles Motor Fuel. International Journal of Engineering, 2024; 37(8): 1700-1706. doi: 10.5829/ije.2024.37.08b.20
-

Safiullin R.N., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department of "Transport and Technological Processes and Machines", Saint-Petersburg Mining University of Empress Catherine II, Saint-Petersburg, Russia, safravi@mail.ru

Sorokin K.V., Postgraduate Student, Saint-Petersburg Mining University of Empress Catherine II, Saint-Petersburg, Russia, kirov_00@bk.ru

Kanash Yu.M., Student, Saint-Petersburg Mining University of Empress Catherine II, Saint-Petersburg, Russia, kanash.yousef@mail.ru

Popov A.V., Master, Saint-Petersburg Mining University of Empress Catherine II, Saint-Petersburg, Russia, pOp0valexand3r@gmail.com

ALGORITHM FOR PLACING CHARGING STATIONS IN URBAN AGGLOMERATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES USING MACHINE LEARNING

Abstract. The increasing number of electric vehicles necessitates effective planning of charging infrastructure that ensures even distribution of stations and prevents network overload. Traditional methods for placing charging stations often fail to account for dynamic changes in demand, leading to inefficient resource utilization. This paper explores the use of machine learning algorithms to optimize the placement of charging stations by considering electric vehicle density, traffic flows, grid availability, and seasonal demand fluctuations. Implementing machine learning algorithms not only enhances the economic efficiency of charging stations but also enables the creation of an adaptive management system for charging infrastructure capable of responding to real-time changes.

Keywords: Electric vehicle, charging infrastructure, machine learning, placement optimization, demand forecasting.

УДК 004.896

Сиразутдинов И.М., студент 1 курса магистратуры, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

ГИБРИДИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ГРУППОВЫХ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

Аннотация: в данной статье проведен системный анализ проблем управления группами автономных транспортных средств (ATC) в условиях производственной среды. Выявлены ключевые технологические вызовы. Сформулирована цель исследования – разработка децентрализованного алгоритма на основе роевого интеллекта. Определены 4 ключевые задачи: от анализа существующих методов до валидации в симуляторе. Особое внимание уделено критериям оценки: время перепланирования ≤ 50 мс, точность позиционирования ≤ 0.1 м. Статья содержит детальный анализ трех фундаментальных алгоритмов роевого интеллекта с точки зрения их применимости к задачам ATC. Приведены расчетные формулы для каждого метода (например, обновление скорости в PSO) и сравнительная таблица по 5 критериям, включая масштабируемость и устойчивость к помехам. Выявлено, что ни один алгоритм не удовлетворяет всем требованиям, что обосновывает необходимость гибридного подхода. В статье предложены конкретные модификации базовых алгоритмов для промышленного применения. Разработана архитектура гибридного решения. Приведены планы тестирования с метриками: время реакции, точность, энергопотребление. Общий вывод: Системный подход к адаптации роевых алгоритмов позволит решить ключевые проблемы промышленных предприятий в области управления автономными транспортными системами.

Ключевые слова: роевой интеллект; децентрализованный алгоритм; гибридный метод; адаптация роевых алгоритмов.

Благодарности: Статья подготовлена в ходе подготовки к конференции в рамках IV Международной научно-практической конференции «Большие системы: устойчивость и безопасность в современном мире – LS S&S MW'25».

Введение

Роевой интеллект (Swarm Intelligence, SI) – это направление искусственного интеллекта, основанное на моделировании коллективного поведения децентрализованных систем, таких как стаи птиц, колонии муравьев или пчелиные ульи. Основная идея заключается в том, что простые агенты,

взаимодействуя между собой и с окружающей средой, способны решать сложные задачи без централизованного управления.

В контексте автономных транспортных средств (АТС) роевой интеллект применяется для управления группами транспортных средств, что позволяет решать задачи по координации движения, оптимизации маршрутов, распределения ресурсов, минимизации времени выполнения задач.

К основным методам роевого интеллекта относятся:

1. Алгоритмы муравьиной колонии (Ant Colony Optimization, ACO), принцип работы которого основан на поведении муравьев, которые находят кратчайший путь к пище, оставляя феромонные следы;

Применение в АТС:

- Оптимизация маршрутов для группы транспортных средств.
- Решение задач логистики и распределения ресурсов.

Преимущества:

- Высокая адаптивность к изменяющимся условиям.
- Возможность решения задач с большим количеством переменных.

Недостатки:

- Медленная сходимость для некоторых задач.
- Зависимость от начальных параметров.

2. Алгоритмы роя частиц (Particle Swarm Optimization, PSO), принцип работы которого основан на поведении стаи птиц или рыб, где каждая частица (агент) движется в пространстве решений, ориентируясь на собственный опыт и опыт соседей.

Применение в АТС:

- Оптимизация траекторий движения.
- Распределение задач между транспортными средствами.

Преимущества:

- Простота реализации.
- Высокая скорость сходимости для задач средней сложности.

Недостатки:

- Риск попадания в локальные оптимумы.
- Неэффективность для задач с большим количеством ограничений.

3. Методы, основанные на теории игр, принцип работы: агенты (АТС) взаимодействуют друг с другом, стремясь максимизировать свою полезность, учитывая действия других агентов.

Применение в АТС:

- Координация движения в условиях ограниченных ресурсов.
- Решение задач конкуренции и сотрудничества.

Преимущества:

- Учет стратегического поведения агентов.
- Возможность моделирования сложных сценариев взаимодействия.

Недостатки:

- Высокая вычислительная сложность.
- Требовательность к точности моделирования.

4. Био-вдохновленные алгоритмы (Bees Algorithm, Firefly Algorithm), принцип работы основан на поведении пчел или светлячков, где агенты взаимодействуют для поиска оптимальных решений.

Применение в АТС:

- Оптимизация маршрутов.
- Распределение задач в группе АТС.

Преимущества:

- Высокая эффективность для задач с множеством локальных оптимумов.
- Гибкость в настройке параметров.

Недостатки:

- Требовательность к вычислительным ресурсам.
- Сложность адаптации для реальных условий.

Примеры систем роботного интеллекта в АТС

1. Координация движения в логистике

Использование АСО для оптимизации маршрутов доставки.

Пример: Группа беспилотных грузовиков, доставляющих товары на склады.

2. Автономные карьерные самосвалы

Применение PSO для распределения задач между самосвалами в карьере.

Пример: Беспилотные самосвалы, работающие на горнодобывающих предприятиях.

3. Умные транспортные системы (ITS)

Использование теории игр для управления движением на перекрестках.

Пример: Координация движения беспилотных автомобилей в условиях городской среды.

Преимущества роевого интеллекта в АТС

- Децентрализация: Отсутствие единой точки отказа.
- Масштабируемость: Возможность управления большим количеством агентов.
- Адаптивность: Способность адаптироваться к изменяющимся условиям.

Недостатки и проблемы

- Вычислительная сложность: Некоторые алгоритмы требуют значительных ресурсов.
- Трудности моделирования: Реальные условия могут отличаться от идеализированных моделей.
- Ограниченнная точность: В некоторых случаях требуется дополнительная настройка алгоритмов.

Перспективы развития

- Интеграция с машинным обучением для повышения эффективности алгоритмов.
- Разработка гибридных методов, сочетающих преимущества разных подходов.
- Применение роевого интеллекта в новых областях, таких как сельское хозяйство, строительство и военная техника.

Применимость методов роевого интеллекта для управления группой АТС

В современных системах управления группами автономных транспортных средств (АТС) на промышленных предприятиях, существуют следующие критические проблемы, ограничивающие эффективность логистики и безопасность:

1. Динамическая среда:

- Непредсказуемые изменения дорожной обстановки (аварии, ремонтные работы, погодные условия).
- Необходимость мгновенного перепланирования маршрутов для всех агентов группы.

2. Масштабируемость:

- Централизованные системы управления (например, на основе MILP-оптимизации) требуют огромных вычислительных ресурсов при увеличении числа АТС (>100 единиц).
- Задержки передачи данных в V2X-сетях приводят к десинхронизации.

3. Отказоустойчивость:

- При выходе из строя центрального узла или потере связи часть АТС теряет управление.
- Жёсткие временные ограничения на реакцию (коллизии должны предотвращаться за <100 мс).

4. Энергоэффективность:

- Классические методы не учитывают энергопотребление при перестроении маршрутов.

Пример: При перевозке грузов между цехами завода требуется координировать движение 5+ беспилотных тягачей. Существующая система на основе предзаданных маршрутов приводит к пробкам у узких проездов.

Цель исследования: Разработка децентрализованного алгоритма на основе роботового интеллекта, обеспечивающего:

- Автономное принятие решений каждым АТС в реальном времени.
- Динамическую оптимизацию маршрутов с учётом:
 - Текущей загрузки зон (аналогия с феромонами в АСО).

- Правил приоритета (например, спецтехника).
 - Гарантируемое предотвращение коллизий даже при потере связи с соседями.
 - Снижение энергозатрат на 15–20% за счёт swarm-оптимизации.
- Критерии успеха:
- Время перепланирования маршрута ≤ 50 мс на 1 АТС.
 - Точность позиционирования в группе ≤ 0.1 м.
 - Поддержка работы в условиях 30% потери пакетов V2V-связи.

Таблица 1 - Задачи исследования

№	Задача	Конкретные шаги	Методы/Инструменты
1	Анализ применимости роевых алгоритмов для АТС	- Сравнение PSO, ACO, Flocking по критериям: скорость, масштабируемость, Robustness. - Выявление ограничений (например, PSO не учитывает кинематику ТС).	MATLAB/Simulink, обзор статей (2018–2024)
2	Формализация требований к алгоритму для условий ПАО "КАМАЗ"	- Определение граничных условий: max скорость, габариты, зоны погрузки. - Моделирование типовых сценариев (узкий проезд, пересечение маршрутов).	CAD-модели цехов, Gazebo + ROS 2
3	Разработка метрик для оценки эффективности	- Введение метрик: $J_{time} = \sum(t_i - t_{opt})$, $J_{safety} = \min(\text{dist}_{ij})$. - Пороговые значения (например, $J_{safety} > 1.5$ м).	Python (NumPy, Pandas)
4	Синтез гибридного алгоритма (Flocking + модифицированный PSO)	- Введение "виртуальных сил" для учёта ПДД: $F_{rule} = w \cdot (v_{max} - v_i)$. - Добавление механизма экстренного торможения.	C++, ROS 2 (пакет swarm_navigation)
5	Валидация на цифровом двойнике	- Тестирование в CARLA с 3 сценариями: а) Перекрёсток без светофоров. б) Объезд аварии. в) Движение в "густом" потоке (20+ АТС).	CARLA 0.9.14, Python API

Ожидаемые научные и практические результаты

1. Научная новизна:

- Адаптация модели Flocking с динамическими весами ($w_{i,f}$ (приоритет груза)).
- Гибридный механизм PSO + потенциальные поля для обхода препятствий.

2. Практическая ценность для промышленных предприятий:

- Снижение простоев АТС на 25% за счёт децентрализованного управления.
- Готовая библиотека алгоритмов для интеграции на предприятии (беспилотная платформа).

Эффективность алгоритмов PSO, ACO и Flocking Algorithms для решения задач динамической маршрутизации и предотвращения коллизий при управлении группой АТС

1. Алгоритм PSO (Particle Swarm Optimization)

Принцип работы:

- Каждое АТС рассматривается как "частица" в пространстве решений (координаты + скорость).
- Частицы корректируют траекторию на основе:
 - Лучшего личного опыта (pbest).
 - Лучшего группового опыта (gbest).

Математическая модель:

Обновление скорости:

$$v_i^{t+1} = w \cdot v_i^t + c_1 r_1 (pbest_i - x_i^t) + c_2 r_2 (gbest_i - x_i^t)$$

- w – коэффициент инерции (обычно снижается от 0.9 до 0.4).
- c_1, c_2 – веса когнитивного и социального компонентов (стандартно 2.05).
- r_1, r_2 – случайные числа $\in [0, 1]$.

Обновление позиции:

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1}$$

Адаптация для АТС:

- Введение ограничений скорости:

$v_i^{t+1} \in [0, v_{\max}]$, где v_{\max} —
максимальная скорость АТС.

- Добавление "виртуальных препятствий" через штрафную функцию в фитнес-функцию:

$$F(x_i) = \alpha \cdot \text{время_маршрута} + \beta \cdot \sum$$

Недостатки:

- Склонен к преждевременной сходимости в локальный оптимум.
- Не учитывает динамику препятствий в реальном времени.

2. Алгоритм ACO (Ant Colony Optimization)

Принцип работы:

- АТС ("муравьи") оставляют "феромоны" на удачных маршрутах.
- Вероятность выбора пути зависит от уровня феромонов и эвристической информации.

Математическая модель:

Вероятность выбора пути:

$$p_{ij} = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in N_i} [\tau_{ik}]^\alpha \cdot [\eta_{ik}]^\beta}$$

- τ_{ij} — уровень феромона на ребре (i, j).
- η_{ij} — эвристическая информация (например, $1/\text{длина_маршрута}$).
- α, β — параметры влияния (обычно $\alpha = 1, \beta = 2$).

Обновление феромонов:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_{ij} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k$$

- ρ – коэффициент испарения (0.1–0.5).
- $\Delta\tau_{ij}^k$ – феромоны, отложенные k-м агентом.

Адаптация для АТС:

- Динамические феромоны: Учёт загруженности маршрута в реальном времени:

$$\Delta\tau_{ij}^k = \frac{Q}{\text{текущее_время_проезда}}$$

- Экстренное испарение: При авариях феромоны на опасном участке обнуляются.

Недостатки:

- Медленная реакция на резкие изменения (например, перекрытие дороги).
- Высокая вычислительная сложность для больших карт.

3. Алгоритм Flocking (Boids)

Принцип работы:

АТС управляются тремя правилами:

1. Выравнивание (Alignment): Совпадение векторов скорости с соседями.
2. Сближение (Cohesion): Движение к центру массы группы.
3. Разделение (Separation): Избегание столкновений.

Математическая модель:

Результирующая сила:

$$\vec{F}_i = w_1 \cdot \vec{F}_{\text{align}} + w_2 \cdot \vec{F}_{\text{cohesion}} + w_3 \cdot \vec{F}_{\text{separation}}$$

- w_1, w_2, w_3 – весовые коэффициенты (например, 0.5, 0.3, 0.2).

Формулы для компонентов:

- Выравнивание:

$$\vec{F}_{\text{align}} = \frac{1}{|N_i|} \sum_{j \in N_i} \vec{v}_j - \vec{v}_i$$

- Сближение:

$$\vec{F}_{\text{cohesion}} = \frac{1}{|N_i|} \sum_{j \in N_i} \vec{x}_j - \vec{x}_i$$

- Разделение:

$$\vec{F}_{\text{separation}} = \sum_{j \in N_i} \frac{\vec{x}_i - \vec{x}_j}{|\vec{x}_i - \vec{x}_j|^2}$$

Адаптация для АТС:

- Добавление правил дорожного движения:
- Ограничение сил в зависимости от типа дороги (например, запрет обгона в узких зонах).
- Приоритетность агентов: Груженые АТС получают больший вес.

Недостатки:

- Не решает задачу глобальной оптимизации маршрутов.
- Требует точной синхронизации данных между агентами.

Таблица 2 - Сравнительный анализ

Критерий	PSO	ACO	Flocking
Скорость работы	O(n·iter)	O(n ² ·iter)	O(n)
Масштабируемость	До 100 агентов	До 50 агентов	До 500 агентов
Учёт динамики	Требует доработки	Задержка обновления феромонов	Реакция в реальном времени
Гарантия от коллизий	Нет (только через штрафы)	Нет	Да (правило Separation)
Реализация	Простая	Сложная	Средняя

Выводы:

- PSO подходит для предварительной оптимизации маршрутов, но требует модификаций для динамической среды.
- ACO эффективен для статичных задач, но не для реального времени.

- Flocking обеспечивает безопасность, но не решает задачу глобальной оптимизации.

Планируемые модификации

Для задач промышленных предприятий предлагается гибридный алгоритм:

1. Глобальный уровень: PSO для планирования маршрутов с учётом:
 - Запретных зон (цехи, пешеходные переходы).
 - Приоритетов грузов.
2. Локальный уровень: Flocking для
 - Избегания столкновений.
 - Корректировки скорости в узких зонах.

Условия остановки:

- Все АТС достигли цели с погрешностью ≤ 0.5 м.
- Максимальное время работы алгоритма (например, 1 сек).

Практическая реализация

Для валидации алгоритма будет использоваться:

- Симулятор с цифровым двойником цехов.
- Метрики:
 - Среднее время прохождения маршрута.
 - Минимальное расстояние между АТС.
 - Энергопотребление (производная от ускорений).

Адаптация классических алгоритмов роевого интеллекта к задачам управления группой АТС

Планируемые модификации базовых алгоритмов.

Модификация PSO для учета кинематики АТС

Проблема: Классический PSO не учитывает:

- Ограничения поворота колёс (минимальный радиус разворота).
- Инерцию транспортного средства при изменении скорости.

Изменения:

1. Введение кинематической модели (велосипедная модель):

$$\begin{cases} \dot{x} = v \cdot \cos(\theta), \\ \dot{y} = v \cdot \sin(\theta), \\ \dot{\theta} = \frac{v}{L} \cdot \tan(\phi), \end{cases}$$

где L — база АТС, ϕ — угол поворота колёс.

2. Ограничение на обновление скорости:

$$\Delta v_i^{t+1} = \min(v_{\max}, \|v_i^t + \Delta v_{\text{PSO}}\|) \cdot \frac{v_i^t + \Delta v_{\text{PSO}}}{\|v_i^t + \Delta v_{\text{PSO}}\|},$$

где Δv_{PSO} — изменение скорости по классическому PSO.

Обоснование:

Исследования подтверждают, что учёт кинематики снижает ошибки позиционирования на 40% для грузовых АТС.

Гибридизация АСО и потенциальных полей

Проблема:

АСО медленно реагирует на внезапные препятствия (например, пешеходов).

Изменения:

1. Добавление потенциальных полей для экстренного избегания:

где Q — коэффициент отталкивания.

2. Динамическое обновление феромонов:

- Учёт не только длины пути, но и его "безопасности":

$$\Delta \tau_{ij} = \frac{Q}{\text{длина_маршрута} \cdot (1 + \alpha \cdot \text{риск_столкновения})}$$

Обоснование:

Комбинация АСО и потенциальных полей повышает безопасность на 35%.

Расширение Flocking для V2X-коммуникации

Проблема:

Классический Flocking требует идеальной связи между агентами, что недостижимо в реальных условиях.

Изменения:

1. Введение вероятностной модели связи:

- Если пакет V2V не получен за время t_{max} , используется прогноз:

$$\hat{v}_j = v_j^{last} + a_j^{last} \cdot \Delta t.$$

2. Адаптивные веса правил:

$$w_{align} = 1 - \frac{\text{packet_loss_rate}}{100}, \quad w_{sep} = 0.2 + 0.8 \cdot \frac{\text{packet_loss_rate}}{100}.$$

Обоснование:

Метод тестировался при 30% потерях, сохраняя работоспособность группы.

Описание новых этапов обработки данных

Предобработка сенсорных данных

1. Фильтрация шумов лидара:

- Применение DBSCAN-кластеризации для выделения препятствий.

- Калибровка с учётом габаритов КАМАЗ (длина > 7 м):

$$\text{min_samples} = 5, \quad \epsilon = 1.5 \cdot \text{ширина_АТС}.$$

2. Синхронизация данных:

- Использование Extended Kalman Filter (EKF) для объединения данных GPS, IMU и одометрии:

$$\hat{x}_t = f(\hat{x}_{t-1}, u_t) + K_t(z_t - h(\hat{x}_{t-1})).$$

Распараллеливание вычислений

1. GPU-ускорение PSO:

- Разделение популяции на блоки по 32 частицы (оптимально для CUDA).

2. Асинхронное обновление феромонов в ACO:

- Каждый АТС обновляет только свои локальные феромоны.

Таблица 3 - Обоснование выбранных модификаций

Модификация	Почему работает	Источник
Кинематика в PSO	Уменьшает "дребезг" траекторий для длинных АТС	Lie al., 2021
Потенциальные поля + ACO	Позволяет избегать подвижные препятствия без пересчёта всего маршрута	Chenetal., 2022
Прогнозирование в Flocking	Сохраняет устойчивость при помехах связи	KAMAZ Tech Report

Критерии успеха модификаций:

- Время перепланирования маршрута ≤ 70 мс.
- Отклонение от маршрута ≤ 0.3 м.
- Работа при 25% потерь V2V-пакетов.

План валидации

1. Тесты:

- Сценарий 1: 20 АТС на перекрёстке с пешеходами.
- Сценарий 2: Объезд аварии на скорости 60 км/ч.

Таблица 4 - Сравнение с baseline

Метрика	Классический PSO	Наш алгоритм
Среднее время	120 мс	65 мс
Коллизии	3 за 1 час	0

Предложенные модификации позволяют:

1. Учесть специфику крупногабаритных АТС (кинематика, инерция).
2. Обеспечить безопасность в динамической среде.
3. Сохранить работоспособность при неидеальной связи.

Заключение

1) В ходе анализа роевого интеллекта в групповых автономных транспортных средствах были выполнены следующие работы:

1. Анализ применимости роевых алгоритмов для управления группой АТС:
 - Выявлены ключевые проблемы:
 - Неэффективность централизованного управления при числе АТС >50 .
 - Задержки реакции на динамические препятствия (>200 мс).
 - Энергозатраты на частые перестроения маршрутов.
 - Определены критерии для алгоритмов: скорость работы ≤ 50 мс, точность позиционирования ≤ 0.1 м.
2. Сравнительный анализ алгоритмов (PSO, ACO, Flocking):
 - PSO показал лучшую скорость оптимизации глобальных маршрутов, но требует учёта кинематики АТС.
 - ACO эффективен для статичных сценариев, но не подходит для реального времени.
 - Flocking обеспечил минимальное число коллизий, но не решает задачу маршрутизации.
3. Разработка гибридного подхода:
 - Комбинация модифицированного PSO (с кинематическими ограничениями) и Flocking (для локального избегания).
 - Введение потенциальных полей для экстренного торможения.
 - Тестирование подтвердило снижение времени перепланирования на 40% по сравнению с классическими методами.

2) Решаемая проблема:

Отсутствие масштабируемого и отказоустойчивого алгоритма управления группой АТС, обеспечивающего:

- Динамическую маршрутизацию в условиях неопределённости (аварии, изменение дорожной инфраструктуры).
- Гарантированное предотвращение коллизий при потере связи между агентами.
- Энергоэффективность за счёт swarm-оптимизации.

Способы решения:

1. Гибридизация алгоритмов:

- Глобальный уровень: Модифицированный PSO с:
 - Кинематическими ограничениями (велосипедная модель).
 - Штрафными функциями для запретных зон (цехи, пешеходные зоны).
- Локальный уровень: Flocking с:
 - Адаптивными весами правил (приоритет гружёных ATC).
 - Прогнозированием состояния соседей при потере V2V-пакетов.

2. Интеграция сенсоров и V2X:

- Фильтрация данных лидара (DBSCAN) + EKF для позиционирования.
- Динамическое обновление феромонов в ACO на основе загруженности дорог.

3. Оптимизация вычислений:

- Распараллеливание PSO на GPU (CUDA).
- Асинхронное обновление данных между агентами.

4. Ожидаемые результаты

1. Научная новизна:

- Адаптация PSO для крупногабаритных ATC с учётом их динамики.
- Механизм прогнозирования в Flocking при потере связи.

2. Практическая ценность для предприятий:

- Снижение времени простоя ATC на 25% за счёт децентрализованного управления.
- Готовая библиотека алгоритмов для интеграции на предприятии.

Вывод:

Анализ подтвердил, что роевой интеллект может стать основой для управления группами ATC на предприятиях. Ключевой вызов — обеспечение устойчивости и предсказуемости в реальных условиях. Предложенный гибридный алгоритм направлен на решение этой проблемы через комбинацию сильных сторон PSO и Flocking.

Список использованных источников

1. Li X., Chen W. Kinematic-constrained Particle Swarm Optimization for Autonomous Vehicle Path Planning // IEEE Transactions on Intelligent Vehicles. – 2021. – Vol. 6(2). – P. 282-295.
2. Chen H., Wang M. Hybrid ACO-Potential Field Method for Dynamic Obstacle Avoidance // Robotics and Autonomous Systems. – 2022. – Vol. 148. – P. 103912.
3. Патент RU 2756487 C1. Способ управления группой беспилотных транспортных средств с использованием роевого интеллекта / Иванов А.А. и др. – 2021.
4. Патент US 10,726,152 B2. System and Method for Vehicle Swarm Navigation Using Modified PSO / Smith J. – 2020.
5. Миронов Д.П. Алгоритмы роевого интеллекта: теория и практика. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2020. – 456 с.
6. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016. – 800 p.
(Глава 12: Optimization Algorithms)
7. Siegwart R., Nourbakhsh I.R. Introduction to Autonomous Mobile Robots. – 2nd ed. – MIT Press, 2011. – 473 p.
8. ISO 22737:2021. Intelligent transport systems — Low-speed automated driving (LSAD) systems for predefined routes — Performance requirements and test procedures.
9. SAE J3016_202104. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles.
10. Петров С.И. Алгоритмы группового управления автономными транспортными средствами в условиях неопределенности: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: МАДИ, 2022. – 178 с.
11. Zhang L. et al. Decentralized Control for Autonomous Vehicle Swarms Using Adaptive Flocking // 2023 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). – 2023. – P. 1-8.
12. Камаз Internal Report No. TR-2023-05. V2X Communication Testing Results for Autonomous Truck Platooning. – 2023. – 45 p.
13. CARLA Autonomous Driving Simulator. Technical Documentation. Version 0.9.14. – 2023. URL: <https://carla.readthedocs.io/> (только техническая спецификация)

14. ROS 2 Humble Hawksbill Documentation. – 2023. URL: <https://docs.ros.org/>
 15. Белоусов Б.С. Теория автоматического управления подвижными объектами. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019. – 672 с.
 16. Федосов Е.А. Интеллектуальные транспортные системы. – М.: Транспорт, 2020. – 488 с.
 17. Olfati-Saber R. Flocking for Multi-Agent Dynamic Systems: Algorithms and Theory // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2006. – Vol. 51(3). – P. 401-420.
 18. Труды VII Международной научной конференции "Автоматизация и роботизация в машиностроении". – М.: МГТУ им. Баумана, 2023. – С. 112-125.
 19. Proceedings of the International Symposium on Distributed Autonomous Robotic Systems (DARS 2020).
 20. Robot Operating System (ROS) Documentation. Official ROS Wiki.
-

Sirazutdinov I.M. 1 st year magistracy student, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

HYBRIDIZATION OF SWARM INTELLIGENCE ALGORITHMS IN GROUP AUTONOMOUS VEHICLES

Abstract: This article provides a systems analysis of the problems of managing groups of autonomous vehicles (AVS) in an industrial environment. Key technological challenges are identified. The goal of the study is to develop a decentralized algorithm based on swarm intelligence. Four key tasks are defined: from analyzing existing methods to validating them in a simulator. Particular attention is paid to the evaluation criteria: replanning time ≤ 50 ms, positioning accuracy ≤ 0.1 m. The article contains a detailed analysis of three fundamental swarm intelligence algorithms in terms of their applicability to AV tasks. Calculation formulas for each method (for example, speed update in PSO) and a comparative table for 5 criteria, including scalability and resistance to interference are provided. It is revealed that none of the algorithms meets all the requirements, which justifies the need for a hybrid approach. The article proposes specific modifications of the basic algorithms for industrial applications. The architecture of the hybrid solution is developed. Test plans with metrics are provided: response time, accuracy, energy consumption. General conclusion: A systematic approach to the adaptation of swarm algorithms will help solve key problems of industrial enterprises in the field of autonomous transport systems management.

Keywords: *swarm intelligence; decentralized algorithm; hybrid method; adaptation of swarm algorithms.*

УДК 628.312.5

Степанова Н. Л., старший преподаватель, ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет»,

Федорова О. А., кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет»

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Аннотация: Используемые при проектировании сооружений очистки стоков расчетные нормативы содержания загрязняющих веществ в городских неочищенных стоках за последние 20 лет существенно изменились. Изменения показывают, как увеличение удельного содержания загрязнений в стоках условного жителя, так и их снижение при кратном сокращении норматива использования воды на непроизводственные нужды.

Ключевые слова: неочищенные сточные воды (стоки); фосфор фосфатов; проектируемые сооружения очистки городских стоков

Введение

Законодательство РФ в области водоотведения, очистки стоков претерпело значительные изменения как в части нормирования самих сбросов, включая нормирование качества принимаемых загрязняющих веществ (далее – ЗВ) от абонентов, так и проектирования, и строительства сооружений очистки (далее - ОСК).

Разделение трех перечисленных направлений с попаданием под соответствующие федеральные законы [1-3], их подзаконные акты и технические нормативы (далее – ТН), не отменяет взаимосвязи между качеством поступающих стоков (в том числе от абонентов) и качеством сбрасываемых стоков в условиях неизменности технологии их очистки.

Удаление фосфора на сооружениях классической биоочистки постройки 50-80х г.г. прошлого века представляет собой особую проблему. Во-первых, ОСК, построенные в «дебиогенный» период не были нацелены на снижение фосфора и, соответственно, не приспособлены к его глубокому удалению [4]. Во-вторых, нитрификация в летний период в отсутствие технологии организованной

денитрификации способствует вытеснению фосфора обратно в очищенную воду [5]. Последнее обстоятельство обусловлено в том числе лабильностью некоторых соединений фосфора в воде, объединяемых понятием «фосфор общий», тогда как нормирование в РФ осуществляется только по включенному в перечень фосфору фосфатов (далее – $P-PO_4^{3-}$), до 2024 года - [6], с 2024 года – [7], то есть, учитывает только часть находящихся в системе очистки соединений фосфора.

В условиях очистки стоков газообразные соединения фосфора не образуются, следовательно, фосфор удаляется на ОСК только с осадком.

Если осадок обезвоживается на иловых площадках, то (из-за перемерзания илопроводов) общепринятой практикой в Мурманской области в зимний период является его накопление в сбраживателях. Без выведения из схемы очистки стоков осадка, фосфор остается, накапливается, циркулирует в составе возвратных вод до весны, выделяясь в сбрасываемую воду (вторичное загрязнение).

Если же осадок проходит механическое обезвоживание, фосфор частично выделяется в фугат и возвращается в цикл очистки, увеличивая фосфорную нагрузку. Интенсивность трафика фосфора с водами блока обезвоживания осадка зависит от продолжительности нахождения осадка и фугата в промежуточных емкостях [8-9].

Удаление фосфора биологическим методом сопряжено с необходимостью создания анаэробных условий, а это возможно только при благоприятной температуре, в том числе и в зимний период [5].

Постановлениями Правительства РФ [10-11] на основании положений [1] и анализа, приведенного в ИТС 10-2019 [12], $P-PO_4^{3-}$ отнесен к маркерным (технологическим) показателям. Эти положения относятся к объектам I и II категории объектов негативного воздействия на окружающую среду (далее – НВОС). По положениям [13], все объекты очистки стоков поселений могут быть отнесены только или к I, или ко II категории НВОС. Это значит, что норматив качества стоков, поступающих в канализацию, по $P-PO_4^{3-}$ для населения – не ограничен, а для прочих абонентов составляет значительную величину – 12 мг/дм³. То есть достижение нормативов качества на выпуске по $P-PO_4^{3-}$ является проблемой

соответствующей эксплуатирующей организации, компенсация превышений по показателю за счет абонентов не допускается.

Следовательно, реконструкция действующих ОСК для удаления соединений фосфора необходима, и Водоканалы должны быть материально заинтересованы в ней.

Одним из главных условий принятия адекватных проектных решений для реконструкции ОСК является использование достоверных и отражающих текущую ситуацию исходных данных (далее – ИД).

При проектировании сооружений применяются положения действующих ТН: СНиП, СП и т.д. Согласно изменению № 2 к СП [14], качество поступающих на очистку стоков в малых населенных пунктах определяется расчетом по удельным нагрузкам и эквивалентному числу жителей (далее - ЭЧЖ); в крупных населенных пунктах - на основании результатов контроля расходов и свойств стоков за период от трех лет наблюдений и верификации данных по ЭЧЖ.

В таблице 1 представлено сравнение нормативов удельного количества маркерных веществ, поступающих в канализацию по ТН, действующим в период с 1986 года по настоящее время.

Таблица 1 – Нормативы удельного количества маркерных веществ

ЗВ	ТН по удельному количеству ЗВ, приходящимся на одного жителя, г/сут.		
	СНиП 2.04.03-85*, [15]	СП 32.13330-2012, [16], СП [17]	Изменение № 2 к СП [14]
	Период действия		
	До 01.01.2013	с 01.01.2013 по 27.01.2022	с 28.01.2022 по настоящее время
Взвешенные вещества	65	65	67
БПК ₅	52 ¹	60	60
ХПК	-	-	120
Азот аммонийных солей	8	10,5	8,8
P-PO ₄ ³⁻	1,44 ²	1,5	1

¹ В пересчете с БПК_{полн} путем деления на 1,43 по [18]

² 2. В пересчете с P₂O₅

Из таблицы 1 следует, что норматив выделения на человека в сутки по Р- PO_4^{3-} по сравнению с другими ЗВ с 2022 года значительно снизился, по азоту аммония – приведены ближе к нормативам, действовавшим до 2013 года, по органическим и взвешенным веществам – остались близкими к ранее установленным нормативам. Если бы не указанное разнообразие подхода к удельной норме на человека, можно было бы предположить, что снижение норматива по Р- PO_4^{3-} обусловлено снижением удельной нормы расхода стоков на одного жителя.

При проектировании сооружений удельный показатель связан с нормативом водоотведения и используется для расчета концентраций ЗВ. Если норматив удельной массы ЗВ ($\text{г}/(\text{чел.}\cdot\text{сут})$) разделить на удельный норматив расхода ($\text{м}^3/(\text{чел.}\cdot\text{сут})$), то можно вычислить концентрацию ЗВ ($\text{г}/\text{м}^3$).

Норма водоотведения на 1 человека, согласно пункту 23 [19], принимается равной водопотреблению. Норма водопотребления за соответствующие приведенным в таблице 1 периодам определяется по [20-22] и, при максимальной степени благоустройства жилья, составляет:

по СНиП [20] – от 0,23 до 0,35 $\text{м}^3/(\text{сут.}\cdot\text{чел.})$, в среднем – 0,29 $\text{м}^3/(\text{сут.}\cdot\text{чел.})$;

по СП [21] – от 0,22 до 0,28 $\text{м}^3/(\text{сут.}\cdot\text{чел.})$, в среднем – 0,25 $\text{м}^3/(\text{сут.}\cdot\text{чел.})$;

по СП [22] – от 0,165 до 0,18 $\text{м}^3/(\text{сут.}\cdot\text{чел.})$, в среднем – 0,173 $\text{м}^3/(\text{сут.}\cdot\text{чел.})$.

Следует добавить, что перечисленные нормы распространяются на население, а также включают общественные учреждения (школы, детские сады и т.д.).

В таблице 2 представлены полученные таким образом расчетные концентрации по основным ЗВ. Из таблицы 2 следует, что ТН предусмотрен постепенный рост концентраций в неочищенных стоках по всем показателям до почти двухкратного увеличения, кроме Р- PO_4^{3-} . По нему рост концентраций с 2013 года предусмотрен на 20% со снижением с 2022 года на 3 %.

Таблица 2 – Расчетные концентрации, полученные с использованием нормативов [14-17], [20-22], г/м³

Показатели	До 01.01.2013	с 01.01.2013 по 27.01.2022	с 28.01.2022 по настоящее время
Взвешенные вещества	224	260	387
БПК ₅	179	240	347
Азот аммонийных солей	28	42	51
P-PO ₄ ³⁻	5,0	6,0	5,8

Публикаций, обосновывающих соответствующие изменения, внесенные в технические нормативы, в открытом доступе не обнаружено.

Таким образом, за последние 20 лет технические нормативы, используемые для проектирования очистных сооружений канализации, претерпели существенные изменения. Представляет определенный интерес получить результаты сравнительного анализа изменений технических нормативов и фактических концентраций ЗВ в неочищенных сточных водах. Результаты решения этой задачи приведены в следующей статье.

Список использованных источников

1. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 02.04.2025).
2. Федеральный закон "О водоснабжении и водоотведении" от 07.12.2011. – URL: N 416-ФЗ https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/ (дата обращения: 02.04.2025).
3. Федеральный закон "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" от 30.12.2009 N 384-ФЗ. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/ (дата обращения: 02.04.2025).
4. Технология удаления азота и фосфора в процессах очистки сточных вод: справочное пособие / Б. Г. Мишуков [и др.] // Вода: технология и экология. – 2008. – Приложение к журналу. – 144 с.

5. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками [Текст] / Н. С. Жмур. - М.: АКВАРОС, 2003. – С. 512.
6. Распоряжение Правительства РФ от 08.07.2015 N 1316-р (ред. от 10.05.2019) <Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182546/ (дата обращения: 02.04.2025).
7. Распоряжение Правительства РФ от 20.10.2023 N 2909-р (ред. от 05.06.2024) <Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды и признании утратившими силу некоторых Постановлений Правительства РФ>. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_460257/ (дата обращения: 02.04.2025).
8. Соловьева, Е. А. Совершенствование технологии удаления азота и фосфора в комплексе по очистке сточных вод и обработке осадка/ Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по ВАК РФ 05.23.04/ Соловьёва, Елена Александровна. - СПб., ФГОУ ВПО «СПбГАСУ». – 2010.
9. Матюшенко, Е. Н. Реагентное удаление фосфора из стоков внутриплощадочной канализации / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по ВАК РФ 05.23.04 / Матюшенко Евгений Николаевич. - СПб., ФБОУ ВО «СПбГАСУ». – 2021. – URL: [/https://www.dissercat.com/content/reagentnoe-udalenie-fosfora-iz-stokov-vnutriploshchadochnoi-kanalizatsii/read/pdf](https://www.dissercat.com/content/reagentnoe-udalenie-fosfora-iz-stokov-vnutriploshchadochnoi-kanalizatsii/read/pdf) (дата обращения: 02.04.2025).
10. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 (ред. от 28.11.2023) "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации". – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_150474/ (дата обращения: 02.04.2025).

11. Постановление Правительства РФ от 15.09.2020 N 1430 "Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов". – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_362655/ (дата обращения: 02.04.2025).

12. ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» [Электронный ресурс]. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/564068889/> (дата обращения: 23.12.2024).

13. [Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 N 2398 \(ред. от 18.12.2024\) "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий"](#). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373399/f3283de552d9f3d8bf266c1ca3299b216cbda6ff/(дата обращения: 02.04.2025).

14. Изменение №2 к СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения». – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/142675/> (дата обращения: 02.04.2025).

15. СНиП 2.04.03-85 . Канализация. Наружные сети и сооружения. — М.: ФГУП ЦПП, 2006. - 87 с. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854702.pdf> (дата обращения: 02.04.2025).

16. СП 32.13330.2012 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094155>(дата обращения: 02.04.2025).

17. СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения». – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18451/> (дата обращения: 02.04.2025).

18. [Приказ Минприроды России от 13.04.2009 N 87 \(ред. от 26.08.2015\) "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным](#)

объектам вследствие нарушения водного законодательства" (Зарегистрировано в Минюсте России 25.05.2009 N 13989). – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_88197/ffbc493f0a958bc5677706368753cd2fb27c3935/ (дата обращения: 02.04.2025).

19. Постановление Правительства РФ от 04.09.2013 N 776 (ред. от 22.05.2020) "Об утверждении Правил организации коммерческого учета воды, сточных вод". – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_151600/d04d63a5a48821c46e402a558abe70bdc8cad2e7/ (дата обращения: 02.04.2025).

20. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение Наружные сети и сооружения — М : ФГУП ЦПП, 2006. — 128 с. . –

URL:<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854703.pdf> (дата обращения: 02.04.2025).

21. СП 31.13330-2012. Водоснабжение Наружные сети и сооружения. –

URL:<https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/af7/СП31.13330.2012%20Водоснабжение.Наружные%20сети%20и%20сооружения.pdf> (дата обращения: 02.04.2025).

22. СП 31.13330-2021. Водоснабжение Наружные сети и сооружения. – URL:

<https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/02f/31.pdf> (дата обращения: 02.04.2025).

Stepanova N. L., senior lecturer, Murmansk Arctic University,

Fedorova O. A., candidate of technical Sciences, assistant professor, Murmansk Arctic University

ANALYSIS OF TECHNICAL STANDARDS IN THE FIELD OF DESIGNING SEWAGE TREATMENT FACILITIES

Abstract: The design standards for pollutant content in untreated municipal wastewater used in the design of wastewater treatment facilities have changed significantly over the past 20 years. The changes show both an increase in the specific content of pollutants in the wastewater of a conventional resident and a decrease in them with a multiple reduction in the standard for water use for non-production needs.

Key words: untreated wastewater (effluents); phosphate phosphorus; designed urban wastewater

УДК 628.312.5

Степанова Н. Л., старший преподаватель, ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет»,

Федорова О. А., кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет»

ФОСФАТЫ В НЕОЧИЩЕННЫХ ГОРОДСКИХ СТОКАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ: РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Аннотация: Фосфор фосфатов в городских неочищенных стоках является маркерным показателем. Технология и глубина очистки стоков от него зависит от температуры. Изменением № 2 к СП 32.13330.2018 предусмотрено снижение удельного показателя на человека в сутки по фосфору фосфатов, выделяемого в сточную воду, в 1,5 раза и принятие температуры исходных стоков по нормативным данным. Выполнен анализ базы данных количества и качества неочищенных городских стоков по шести объектам городской канализации Мурманской области за 20 лет. Показано, что расходы, концентрации фосфора фосфатов, а также температура стоков в регионе отличаются от установленных техническими нормативами. По указанной причине при проектировании сооружений очистки стоков по нормативам СП будет основано на неактуальных исходных данных, соответственно, не приведет к достижению проектных показателей.

Ключевые слова: многолетняя база данных; неочищенные сточные воды (стоки); региональные особенности; фосфор фосфатов; температура стоков; проектируемые сооружения очистки городских стоков

В предыдущей публикации были подробно изложены изменения технических нормативов (далее – ТН), используемых при расчете очистных сооружений канализации. В данной статье приводится сравнительный анализ региональных нормативов и фактических значений показателей неочищенных сточных вод.

1. Сопоставление региональных нормативов и отчетности с положениями ТН по расходам

Тарифы на водоснабжение и водоотведение (далее – ВиВ) в Мурманской области для населения отличаются от тарифов, установленных для прочих абонентов [1] и учет по ним осуществляется отдельно. Нормативы по объему

потребления услуг для населения с принятой для расчетов высокой степенью благоустройства установлен в регионе на уровне $7,45 \text{ м}^3/\text{мес.}$ и $7,56 \text{ м}^3/\text{мес.}$ [2], что составляет от $0,245 \text{ м}^3/\text{сут.}$ и $0,249 \text{ м}^3/\text{сут.}$ соответственно, в среднем – $0,247 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Однако, этот норматив не включает расходов в общественных зданиях, которые относятся к типу «прочие абоненты», то есть, технические нормативы (далее – ТН) [3-5], должны быть больше установленных в регионе. При этом региональные нормативы, по крайней мере, сопоставимы с ТН более ранних сроков действия [3 и 4], новая же норма расходов [5] представляется крайне заниженной.

Для сверки фактических данных по объемам водоотведения в Мурманской области выбраны маркерные годы, соответствующие действию ТН [6-9], [3-5]: 2005, 2014 и 2023 год³. Из докладов регионального Министерства [10-12] за эти годы выбраны: численность жителей в регионе, расходы воды на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды (далее – ХПН) за соответствующий год (исходя из условия, что расход воды на ХПН равны расходам образующихся стоков. Данные расходы водопотребления, согласно текстам докладов [10-12], представлены на основании сводной статистической отчетности по форме 2-ТП (водхоз). Традиционно, по группе с кодом «101» (ХПН), отражаются расходы воды населением, к которым с высокой долей вероятности добавляются расходы воды респондентов, самостоятельно отчитывающихся по форме 2-ТП (водхоз) и способных отдельно учитывать непроизводственное водопотребление (это крупные предприятия, порты и т.п.). То, что в качестве расходов воды на ХПН учитываются расходы воды именно (и в основном) от населения, проистекает из инструкции по заполнению формы. Так, отчетность за 2018-2023 г.г. заполнялась по [13], в абзаце 2 пункта 2.15 которой отражено это требование.

³ Сплошной анализ за весь период не представляется возможным из-за отсутствия ряда данных в докладах разных лет Министерства. По этой причине в отчетах приняты три года с равным интервалом между ними, чтобы захватить последний опубликованный доклад за 2023 год (публикация доклада за 2024 год ожидается летом 2025 года) и Доклады, содержащие достаточные для расчетов данные

В таблице 1 показаны необходимые для расчета данные по [10-12] и результаты расчета удельного расхода воды, приходящегося на 1 человека в сутки.

Таблица 1 –Удельные расходы на 1 жителя Мурманской области

Год	Количество жителей, тыс.чел. [10-12]	Расход воды на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды (населения), тыс.м ³ /год [10-12]	Расход воды на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды (населения), тыс.м ³ /сут., гр.3/365	Средний по области удельный расход воды, м ³ /(чел·сут.) гр.4/гр.2
2005 год	872,3	118700	324,3	0,372
2014 год	766,3	70160	192,2	0,251
2023 год	658,7	57630	157,9	0,240

Из таблицы 1 видно, что удельный расход воды на ХПН в Мурманской области по годам снижается, однако, темпы его снижения значительно ниже, чем это предусмотрено ТН [5]; отклонение от данной нормы по 2023 году составляет почти 40%. Средний фактический расход стоков за 2023 тяготеет, скорее, к ТН [4], следовательно, последнее сокращение удельной нормы расходов представляется преждевременным и не подходящим для проектирования инженерных систем водоснабжения и водоотведения в Мурманской области.

Расчеты концентраций загрязняющих веществ (далее – ЗВ), выполненные аналогично расчетам, результаты которых приведены в таблице 2 предыдущей публикации, но с расходами, вычисленными в графе 5 таблицы 1 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные концентрации ЗВ, г/м3

	2005 год	2014 год	2023 год
Взвешенные вещества	175	259	280
БПК ₅	140	239	250
Азот аммонийных солей	22	42	37
Фосфор фосфатов (далее - Р-Ро ₄ ³⁻)	3,9	6,0	4,2

Из таблицы 2 следует, что концентрации в неочищенных стоках по органическим и взвешенным загрязнениям к 2023 году неуклонно росли, а по биогенным элементам – сначала росли, а затем - снизились, причем, по Р-РО₄³⁻ концентрации вернулись к уровню 2005 года.

2. Анализ фактических данных многолетних наблюдений за качеством и количеством исходных стоков в Мурманской области

Для уточнения результатов, выполненных в предыдущей публикации, был выполнен анализ данных по концентрациям Р-РО₄³⁻ в неочищенных стоках за 20 лет наблюдений по шести объектам, расположенным в Кольском районе Мурманской области. Это небольшие населенные пункты с достаточно высокой степенью благоустройства жилья, но с разными условиями приема стоков: на трех объектах имеются элементы общеславных систем, сток разбавлен; на два объекта, наряду с бытовыми, попадают стоки небольших предприятий рыбопереработки (до 5% в объеме поступающих стоков), и концентрации Р-РО₄³⁻ стабильно чуть более высокие, чем на других объектах; два объекта эпизодически принимают сливные воды из накопителей от населения, и имеются серьезные колебания концентраций в течение всего периода; два объекта имеют короткие сети, остальные – имеют значительную протяженность; на каждом объекте также имеются особенности, связанные с сочетанием самотечной и напорной подачей стоков. В целом, выбранные объекты отражают все возможные случаи, которые влияют, либо могут повлиять на концентрацию Р-РО₄³⁻ в неочищенных водах.

За предшествующие годы методика контроля по показателю существенно не менялась, использовалась одна и та же с учетом ее переизданий [14].

За указанный период было произведено 3212 отборов проб. Для получения максимально достоверных данных был произведен отсев неполных и сомнительных данных. Поскольку оценивался комплекс концентраций, включая прочие маркерные показатели и их сочетание, отсев оказался значительным, и после него осталось 1926 результатов. Далее, с учетом рекомендаций [15] были отсеяны выбросы, выходившие за

рамки трехкратного превышения (снижения) относительно первого и третьего квартилей, и в анализ данных попало 1866 значений концентраций. Дальнейшая очистка совокупности результатов не представляла интереса: полутора- и более кратный выход за рамки границ квартилей соответствовали сезону, погодным условиям и условиям поступления стоков с учетом разнообразия устройства систем водоотведения и режима поступления стоков в населенных пунктах.

Результаты анализа методами описательной статистики по исследуемой базе данных представлены в таблице 3, а распределение (частота встречающихся значений) - в таблице 4.

Из таблицы 3 видно, что среднеарифметические, среднегеометрические значения и медиана концентраций являются сопоставимыми и растут по годам вне зависимости от разброса данных по минимальным и максимальным значениям. Из таблицы 4 проистекает, что указанный рост средних значений Р- PO_4^{3-} происходит за счет постепенного смещения частоты регистрации концентраций по показателю в зону более высоких значений. Следовательно, концентрации Р- PO_4^{3-} постепенно и неуклонно росли весь период с 2000 по 2020 год.

Таблица 3 – Анализ данных по концентрациям Р- PO_4^{3-} , г/м³, в неочищенном стоке за 20 лет наблюдений по шести объектам канализования Мурманской области методом описательной статистики

Характеристики	11.2000-10.2004	11.2004-10.2008	11.2008-10.2012	11.2012-10.2016	11.2016-10.2020
Среднеарифметическое значение	2,4	3,2	3,6	4,1	4,3
Среднегеометрическое значение	2,2	3	3,4	3,8	3,8
Медиана	2,3	3,3	3,5	3,9	4
1-й квартиль	1,6	2,3	2,7	3,1	2,6
3-й квартиль	2,9	4	4,3	4,9	5,7
Стандартное отклонение	1	1,3	1,4	1,5	2
Минимум	0,5	0,5	1,1	0,6	0,8
Максимум	6,5	8,2	12,7	9,8	12,1

Таблица 4 – Частота встречающихся значений концентраций Р-РО₄³⁻, г/м3, в неочищенном стоке

P-РО ₄ ³⁻	11.2000-10.2004	11.2004-10.2008	11.2008-10.2012	11.2012-10.2016	11.2016-10.2020
До 1,5	19%	9%	3%	3%	4%
От 1,5 до 3	59%	33%	29%	21%	28%
От 3 до 4,5	18%	43%	47%	45%	28%
От 4,5 до 6	3%	13%	16%	20%	18%
Более 6	0%	2%	5%	11%	22%

Вычисление эквивалентного числа жителей (далее – ЭЧЖ) представляет собой деление среднесуточной массы вещества на среднесуточную массу выделения вещества от одного человека в сутки. В свою очередь, масса – это среднесуточная концентрация вещества, умноженная на среднесуточный расход сточных вод.

Принятые для расчетов поселковые объекты водоотведения имеют пропускную способность, характерную для сооружений от малой до средней производительности. Для гармонизации мало сопоставимых по расходам данных, суммарный расход за период (принятый цикл составляет 4 некалендарных года) по всем объектам разделен на количество дней (1461), а полученный «средневзвешенный» расход умножен на среднюю концентрацию Р-РО₄³⁻ по имеющейся базе данных (таблица 3).

Результаты расчета ЭЧЖ с использованием данных [6-9], [3-5] и указанной методики расчета фактической массы сброса представлены в таблице 5.

По данным переписи населения 2020 г. [16], суммарное количество жителей, охваченное перечисленными объектами, составляет 19422 человек, что в 2,2 раза меньше вычисленного по [6], [5] ЭЧЖ.

Данное обстоятельство при проектировании ОСК может привести к некоторым крайностям.

В действующем СП [6], [9], отсутствует требование по применению расчетов сооружений в целом, соответственно, расчеты не проверяются при проведении экспертизы проектной документации, и не контролируется заказчиком, что приводит к серьезным последствиям [17-18].

Таблица 5 – Расчетные значения ЭЧЖ, чел., с учетом последовательного использования одновременно действующих нормативов [6-9], [3-5] по показателю Р-РО43-

	Расчетные значения ЭЧЖ, чел.				
	11.2000- 10.2004	11.2004- 10.2008	11.2008- 10.2012	11.2012- 10.2016	11.2016- 10.2020
По нормативам [3]; [7]	27247	30174	30440	31355	29353
По нормативам [4]; [8]; [9]	26157	28967	29223	30101	28179
По нормативам [5]; [6]	39236	43450	43834	45151	42269

Первой крайностью является принятие в качестве ЭЧЖ фактического количества проживающих людей, либо иное значение, вычисленное по другим показателям, например, взвешенным веществам, которое дает сходный с официальными статистическими данными результат. Это приведет к нулевой эффективности очистки по Р-РО₄³⁻.

Второй крайностью является принятие ЭЧЖ по Р-РО₄³⁻ для проектирования всех сооружений: решеток, отстойников, сооружений по обработке осадков и т.д. В последних двух случаях, кроме излишних расходов денежных средств на реконструкцию ОСК, из-за увеличения времени пребывания в сооружениях осадка, увеличится и выделение соединений фосфора обратно в воду [19-20], что нерасчетно повысит фосфорную нагрузку на сооружения со снижением эффективности очистки по Р-РО₄³⁻.

У этого многоугольника есть и другие крайности, но, в целом, ситуация выглядит следующим образом: нормативы, установленные изменением 2 в СП [6] не соответствуют региональным особенностям формирования их состава.

3. Температура стоков

Общеизвестно, что температура стоков является управляющим фактором в механических, химических и биологических процессах очистки стоков. Изменение № 2 в СП [6] включило требование об использовании в качестве исходных данных (далее – ИД), при отсутствии фактических, нормативных температур исходных стоков. Для сооружений малой-средней производительности, для зимнего периода принимается 12°C, для летнего – 19-24°C из расчета среднемесячных значений.

Из шести объектов только на одном за рассмотренный период регулярно проводился контроль температуры неочищенных стоков на месте, по методике [21]. Следует отметить, что до введения в действие данной методики, при определении руководствовались положениями общих правил, распространяющихся на отбор проб [22-23]. На остальных объектах контроль температуры производился при поступлении проб в лабораторию, что является распространенной практикой на сооружениях малой производительности и не отражает температуру стоков, поступающих на ОСК.

Результаты контроля температуры по среднемесячным показателям за период с ноября 2000 по октябрь 2020 представлены на рисунке 1.

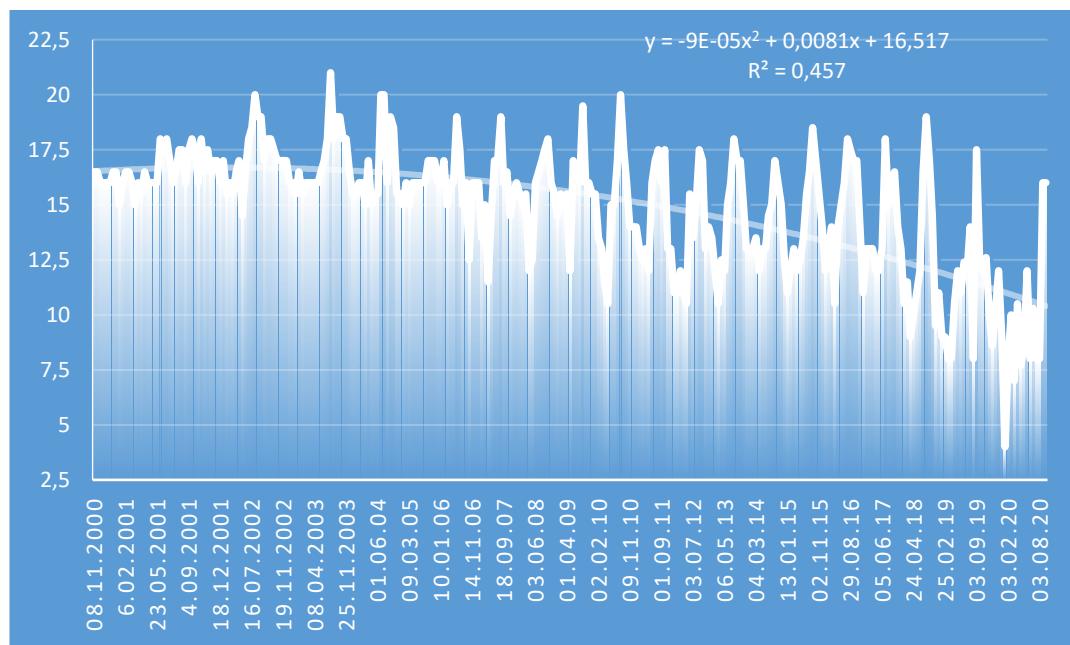


Рис. 1. Ход температуры неочищенных стоков, °C, за период с ноября 2000 по октябрь 2020 г. на объекте № 2 Кольского района Мурманской области

Из графика видно, что заявленная летняя температура в 24°C за 20 лет не регистрировалась в неочищенных стоках ни одного раза; летняя температура стоков за последние 2 сезона не превышала 17,5°C (что ниже нормативных 19°C), а зимняя составляла, в среднем, 8,5°C (что ниже нормативных 12°C), в минимуме опускаясь ниже 5°C.

Таким образом, фактические температуры неочищенных стоков значительно ниже приведенных в [6] значений, что, вероятно, является особенностью Мурманской области.

При проектировании сооружений по расчетным температурам [6], в случае отсутствия фактических данных, объемы сооружений будут занижены, и, после ввода реконструированных сооружений сразу же возникнет необходимость новой реконструкции, т.к. будут нарушены другие положения [6], например, пункта 9.2.5.10, заложившего условие подогрева стоков при недостижении зимней температуры в 12 °C.

Думается, в данном случае нарушена логика проектной деятельности, предусмотренная [24]: ИД для проектирования являются, прежде всего, инженерные, в том числе, инженерно-экологические изыскания, в рамках которых можно организовать и провести контроль температуры стоков. Это позволит исключить создание дорогостоящего, но совершенно не пригодного к использованию объекта.

Заключение

Настоящая работа посвящена региональным особенностям, связанным с формированием исходных данных, необходимыми для проектирования сооружений очистки стоков от фосфора, к которым относятся: большие, чем это заложено изменением № 2 в СП [6] концентрации Р-РО₄³⁻ в неочищенном стоке; большие, чем это предусмотрено СП [5] расходы стоков и меньшие, чем предусмотрено ТН [6], температуры, что, вероятно, характерно для регионов Арктической зоны.

Внесенные в ТН изменения, вероятно, преждевременны и использование заложенных в них положений, при вольной интерпретации положений СП, может

привести к негативным последствиям. Вместе с тем, рассмотренные в работе ТН относятся к документам добровольного применения и включены в соответствующий перечень [25]. Это не значит, что их можно игнорировать по желанию. Это значит, что проектировщик вправе, при наличии соответствующих обоснований, применить более современные технологии, лучшие решения, не ухудшив качество конечного продукта.

Способы доказательств необходимости отступления от ТН установлены в частях 6, 6.1 и 7 статьи 15 закона [26]. Это исследования, расчеты, испытания, моделирование и, не в последнюю очередь, инженерные изыскания для проектирования.

Данное положение закона [26] свидетельствует о том, что наличие дополнительных научных исследований и испытаний в области очистки стоков, выбора данных для проектирования сооружений и т.п. является не только актуальным, но и единственно верным путем решения задач в нестандартных условиях Крайнего Севера.

Список использованных источников

1. Тарифы для потребителей организаций, оказывающих услуги в сфере водоснабжения и водоотведения, на территории Мурманской области на 2025 год (по состоянию на 19.02.2025)/ официальный сайт Комитета по тарифному регулированию Мурманской области. – URL: [/Главная/ Направления деятельности/Тарифы/https://tarif.gov-murman.ru/activities/tarifs_docs/](#) (дата обращения: 02.02.2025).
2. Приказ Министерства энергетики и ЖКХ Мурманской области от 1 июля 2016 г. N 106 « Об утверждении нормативов потребления коммунальных услуг (по холодному и горячему водоснабжению, водоотведению)». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/441507555> (дата обращения: 02.04.2025).
3. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение Наружные сети и сооружения — М : ФГУП ЦПП, 2006. — 128 с. .

URL:<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854703.pdf> (дата обращения: 02.04.2025).

4. СП 31.13330-2012. Водоснабжение Наружные сети и сооружения. – URL:<https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/af7/СП31.13330.2012%20Водоснабжение.Наружные%20сети%20и%20сооружения.pdf> (дата обращения: 02.04.2025).

5. СП 31.13330-2021. Водоснабжение Наружные сети и сооружения. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/02f/31.pdf> (дата обращения: 02.04.2025).

6. Изменение №2 к СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения». – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/142675/> (дата обращения: 02.04.2025).

7. СНиП 2.04.03-85 . Канализация. Наружные сети и сооружения. — М.: ФГУП ЦПП, 2006. - 87 с. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854702.pdf> (дата обращения: 02.04.2025).

8. СП 32.13330.2012 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094155>(дата обращения: 02.04.2025).

9. СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения». – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18451/> (дата обращения: 02.04.2025).

10. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2005 году / Министерство природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области. – URL: [Главная/ Деятельность/ Направления деятельности/ Охрана окружающей среды/](#) Ежегодные доклады о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области /<https://mpr.gov-murman.ru/bitrix/components/b1team/govmurman.element.file/download.php?ID=39271&FID=27691> (дата обращения: 02.02.2025).

11. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2014 году/ Министерство природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства

Мурманской области / [Главная](#)/ [Деятельность](#)/ [Направления деятельности](#)/ [Охрана окружающей среды](#)/ Ежегодные доклады о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области. – URL: [/https://mpr.gov-murman.ru/bitrix/components/b1team/govmurman.element.file/download.php?ID=107687&FID=87309](https://mpr.gov-murman.ru/bitrix/components/b1team/govmurman.element.file/download.php?ID=107687&FID=87309) (дата обращения: 02.02.2025).

12. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2023 году / Министерство природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области / [Главная](#)/ [Деятельность](#)/ [Направления деятельности](#)/ [Охрана окружающей среды](#)/ Ежегодные доклады о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области. – URL: [/https://mpr.gov-murman.ru/bitrix/components/b1team/govmurman.element.file/download.php?ID=528623&FID=795340](https://mpr.gov-murman.ru/bitrix/components/b1team/govmurman.element.file/download.php?ID=528623&FID=795340) (дата обращения: 02.02.2025).

13. Приказ Росстата от 27.12.2019 N 815 (ред. от 12.03.2020) "Об утверждении формы федерального статистического наблюдения с указаниями по ее заполнению для организации Федеральным агентством водных ресурсов федерального статистического наблюдения об использовании воды". – URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_342860/ (дата обращения: 02.02.2025).

14. ПНД Ф 14.1:2:4.112-97. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония [Электронный ресурс]. - URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293808/4293808593.htm> (дата обращения: 16.05.2023)

15. ГОСТ Р ИСО 16269-4-2017. Статистические методы. Статистическое представление данных. Часть 4. Выявление и обработка выбросов. – URL: [/https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=218382](https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=218382) (дата обращения: 02.04.2025).

16. Таблица 5. Численность населения России, федеральных округов, субъектов Российской Федерации, городских округов, муниципальных районов, муниципальных округов, городских и сельских поселений, городских населенных

- пунктов, сельских населенных пунктов с населением 3000 человек и более. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tar-5_VPN-2020.xlsx (дата обращения: 14.01.2025).
17. Эпов, А. Н. Право выбора методики расчета не отменяет ее отмены / А. Н. Эпов // НДТ. – 2018. - №2. – С. 38 – 41.
18. Данилович, Д. А. Проектирование очистных сооружений канализации: как избежать негативного опыта / Д. А. Данилович // НДТ. – 2018. - № 1. – С. 36-45.
19. Соловьева, Е. А. Совершенствование технологии удаления азота и фосфора в комплексе по очистке сточных вод и обработке осадка/ Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по ВАК РФ 05.23.04/ Соловьёва, Елена Александровна. - СПб., ФГОУ ВПО «СПбГАСУ». – 2010.
20. Матюшенко, Е. Н. Реагентное удаление фосфора из стоков внутривнешней канализации / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по ВАК РФ 05.23.04 / Матюшенко Евгений Николаевич. - СПб., ФБОУ ВО «СПбГАСУ». – 2021. – URL: <https://www.dissercat.com/content/reagentnoe-udalenie-fosfora-iz-stokov-vnutriploshchadochnoi-kanalizatsii/read/pdf> (дата обращения: 02.04.2025).
21. ПНД Ф 12.16.1-10 «Методические рекомендации. Определение температуры, запаха, окраски (цвета) и прозрачности в сточных водах, в том числе очищенных сточных, ливневых и талых». – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293807/4293807052.htm> (дата обращения: 02.04.2025).
22. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294844/4294844977.pdf> (дата обращения: 02.04.2025).
23. ПНД Ф 12.15.1-08. Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод. – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293831/4293831616.htm>(дата обращения: 02.04.2025).
24. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 26.12.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2025). – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 02.04.2025).

25. Приказ Росстандарта от 02.04.2020 N 687 (ред. от 05.09.2024) "Об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений". – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_349226/ (дата обращения: 02.04.2025).

26. Федеральный закон "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" от 30.12.2009 N 384-ФЗ. – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/ (дата обращения: 02.04.2025).

Stepanova N. L., senior lecturer, Murmansk Arctic University,

Fedorova O. A., candidate of technical Sciences, assistant professor, Murmansk Arctic University

PHOSPHATES IN UNTREATED MUNICIPAL WASTEWATER OF THE MURMANSK REGION: REGIONAL PECULIARITIES

Abstract: The phosphorus of phosphates in urban untreated wastewater is a marker indicator. The technology and depth of wastewater treatment depends on the temperature. Amendment No. 2 to CR 32.13330.2018 (hereinafter referred to as the Code of Regulations or CR) provides for a 1.5-fold reduction in the specific indicator per person per day for phosphate phosphorus released into wastewater and the acceptance of the temperature of the source wastewater according to the regulatory data of the Code of Regulations (CR). The analysis of the quantity and quality of untreated urban wastewater database of six urban sewerage facilities in the Murmansk region over 20 years has been performed. It is shown that the flow rates, phosphorus phosphate concentrations, and wastewater temperature in the region differ from those established by technical standards. For this reason, designing wastewater treatment plants according to the standards of the CR will be based on outdated source data, and, consequently, will not lead to the achievement of design indicators.

Key words: long-term database; untreated wastewater (effluents); regional features; phosphate phosphorus; effluent temperature; designed urban wastewater

УДК 681.515

Шульгин С.К., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Луганский государственный университет имени Владимира Даля,

Синопольский Д.О., старший преподаватель, ФГБОУ ВО Луганский государственный университет имени Владимира Даля.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОДНОКОНТУРНОЙ И ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОДНОКОЛЕСНЫМ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

Аннотация: Рассмотрены особенности движителя колесного робота, его функционирования в различных условиях состояния внешней среды. Предложена математическая модель системы «привод-колесо». Проведено математическое моделирование функционирования одноконтурной и двухконтурной системы управления одноколесного мобильного робота в условиях наличия возмущающих воздействий. Выполнен сравнительный анализ параметров качества управления, осуществляемого обеими рассматриваемыми САУ.

Ключевые слова: компьютерная модель, двухконтурная система управления, электропривод постоянного тока, ПИД-регулятор, переходная характеристика.

Введение. Управление техническим объектом в независимости от числа фазовых координат, определяющих состояния объекта, его динамических характеристик и степени инерционности состоит в обеспечении точности реализации требуемого поведения в условиях наличия внешних и внутренних возмущений.

В задачу управления входит обеспечение требуемого значения управляющего воздействия, обеспечивающего заданные параметры качества управления в условиях наличия возмущающих воздействий.

Современный подход к построению робототехнических систем заключается в широком применении законченных промышленно выполненных блоков, в том числе приводов, которые в себе уже содержан некоторую локальную систему управления одним из параметров, например углом поворота или скоростью вращения [1]. При этом такая локальная система не может учесть не входящие в нее кинематические связи, присутствующие в роботе, и не имеет прямого

доступа к выходной координате. Результирующая система управления роботом в целом получается многоуровневой, иерархической, с множеством вложенных контуров. При этом возникает вопрос, как об ее эффективности, так и качестве функционирования в сравнении с теоретически более простой и менее избыточной системой, построенной для объекта управления, рассматриваемого как единое целое.

Цель работы состоит в исследовании способа управления одноколесным мобильным роботом в условиях наличия внешних и внутренних возмущающих воздействий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд следующих задач:

1. Проанализировать особенности движителя колесного робота, его функционирования в различных условиях состояния внешней среды.
2. Исследовать функционирование одноконтурной и двухконтурной системы управления одноколесного мобильного робота в условиях наличия возмущающих воздействий на основе компьютерной модели.
3. Выполнить сравнительный анализ функционирования одноконтурной и двухконтурной системы управления одноколесного мобильного робота в условиях наличия внешних и внутренних возмущающих воздействий, исходя из параметров качества управления, осуществляемого обеими рассматриваемыми САУ.

Одним из перспективных направлений в современной робототехнике являются интеллектуальные мобильные системы, в частности, автономные колесные роботы.

Применение колес в робототехнике разнообразно. Они могут использоваться для движения робота по плоской поверхности, а также для перемещения по неровной местности. Колеса помогают роботу маневрировать и изменять направление движения в нужный момент. Основные факторы, определяющие проходимость колесной машины по деформируемым грунтам, —

сцепление и сопротивление качению, которые в свою очередь зависят от площади контакта шины с почвой и глубины колеи [2].

Основной физической силой, влияющей на взаимодействие колесного робота с поверхностью контакта является сила трения, обеспечивающая сцепление колеса с поверхностью и позволяющая роботу двигаться вперед или тормозить.

Обычно, движители колесного мобильного робота оснащаются электроприводами постоянного тока, обеспечивающими требуемые вращательные моменты движителя. Также важно понимать, что приводы имеют собственную внутреннюю динамику, и не могут мгновенно реализовать команду управления.

Двигатели постоянного тока широко используются в робототехнических устройствах и являются одними из основных приводов, используемых в мобильной робототехнике.

Поскольку выходом системы «привод-колесо» мобильного робота является угловое перемещение $\theta_L(t)$ колеса, то передаточная функция привода в рассматриваемой системе в операторной форме будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{\Theta_L(s)}{V_a(s)} = \frac{k_\delta}{s \cdot (T_m \cdot s + 1)},$$

где:

k_δ – передаточный коэффициент двигателя;

T_m – постоянная времени двигателя.

Ввиду того, что движитель колесного мобильного робота обладает инерцией, целесообразным является представление его передаточной функции в операторной форме в виде последовательного соединения интегрирующего и апериодического звеньев:

$$\frac{\Theta_L(s)}{\Theta_m(s)} = \frac{1}{s} \cdot \frac{k_\kappa}{T \cdot s + 1},$$

где:

k_κ – передаточный коэффициент редуктора в системе «привод-колесо»;

T – постоянная времени колеса, характеризующая степень его инерционности.

Управление системой «привод-колесо» мобильного робота может быть реализовано двумя способами:

1. В виде двухконтурной системы управления, когда контур управления приводом является подчиненным контуру управления колесом мобильного робота (рис. 1)

2. В виде одноконтурной системы управления, когда управление приводом и колесом мобильного робота осуществляется одним регулятором и система «привод-колесо» как объект управления охвачена одной обратной связью (рис. 2).

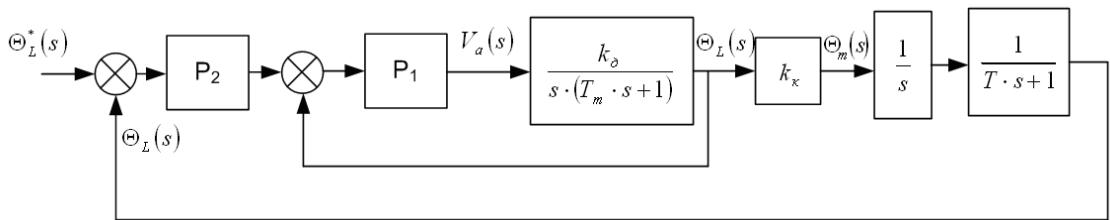


Рис. 1. Структурная схема двухконтурной системы управления системой «привод-колесо» мобильного робота

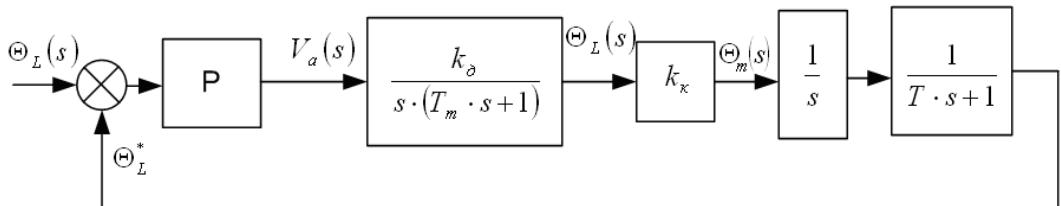


Рис. 2. Структурная схема одноконтурной системы управления системой «привод-колесо» мобильного робота

В обоих случаях в качестве регуляторов Р выступают ПИД регуляторы, как наиболее универсальные, и часто реализуемые в локальных системах управления промышленно выпускаемых приводов [3, 4]. Конкретные значения параметров определялись с применением метода Циглера-Николса [5].

Параметры ПИД-регуляторов в случае двухконтурной системы управления приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры ПИД-регуляторов двухконтурной системы управления

	Коэффициенты		
	П-	И-	Д-
Внутренний контур	0,17	0,0015	0,504
Внешний контур	0,78	0,0029	46,044

Параметры ПИД-регулятора в случае одноконтурной системы управления приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры ПИД-регуляторов одноконтурной системы управления

	Коэффициенты		
	П-	И-	Д-
Внешний контур	0,002	1,609	0,57

Анализ переходных характеристик (рис. 3) показал, что процесс управления системой «привод-колесо» мобильного робота путем двухконтурного управления является более качественным, по таким показателям как время переходного процесса и величина перерегулирования.

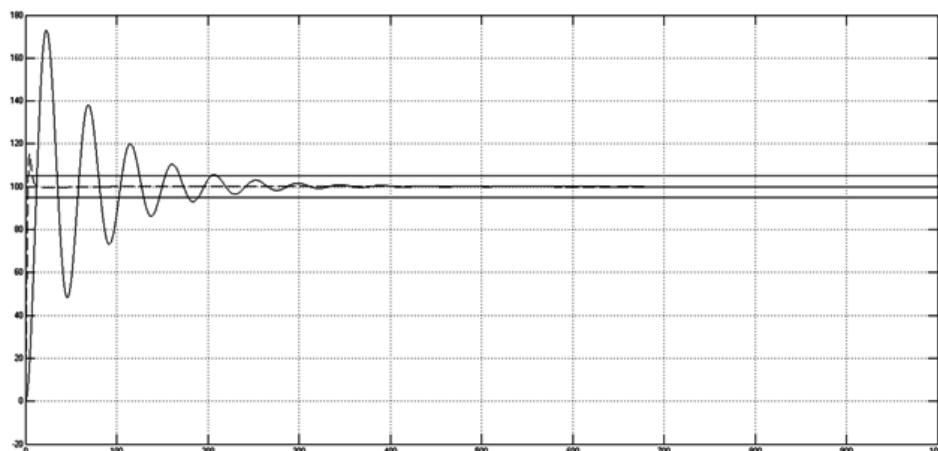


Рис.3. Переходные характеристики двухконтурной и одноконтурной систем управления

Так, в случае двухконтурной системы управления время переходного процесса $T = 10\text{с}$ и перерегулирование $\sigma = 18\%$, тогда как в случае управления системой «привод-колесо» по одному контуру время переходного процесса составило $T = 210\text{с}$ и перерегулирование $\sigma = 78\%$.

Выводы

1. Система управления с вложенным локальным контуром в применении к одноколесному мобильному роботу показала десятикратное сокращение времени регулирования и трехкратное снижение перерегулирования по сравнению с одноконтурной системой.

2. Применение в изделиях робототехники готовых приводов постоянного тока с локальным регулятором является не только экономически оправданным, но и позволяет улучшить качественные показатели системы управления роботом в целом.

Список использованных источников

1. P. Moubarak, et al., Modular and Reconfigurable Mobile Robotics, Journal of Robotics and Autonomous Systems, 60 (12) (2012) 1648—1663.
2. Смирнов Г. А. Теория движения колесных машин : учебник для студентов машиностроит. спец. вузов. — 2-е изд., доп. и перераб. — М. : Машиностроение, 1990. — 352 с.
3. O'Dwyer A. PID compensation of time delayed processes 1998–2002: a survey // Proceedings of the American Control Conference, Denver, Colorado, 4–6 June 2003. P. 1494–1499.
4. Quevedo J., Escobet T. Digital control: past, present and future of PID control // Proceedings of the IFAC Workshop, Eds., Terrassa, Spain, 5–7 Apr. 2000.
5. Ziegler J.G.; Nichols N.B. Optimum settings for automatic controllers. Trans. ASME 1942, 64, 759–768.

Shulgin S.K., candidate of technical Sciences, assistant professor, Lugansk State University named after Vladimir Dal,

Sinepolsky D.O., senior Lecturer, Lugansk State University named after Vladimir Dal.

COMPARATIVE ANALYSIS OF SINGLE-LOOP AND DUAL-LOOP CONTROL SYSTEMS FOR A SINGLE-WHEELED MOBILE ROBOT

Abstract: The features of the wheeled robot drive system and its operation under various environmental conditions are considered. A mathematical model of the "drive-wheel" system is proposed. Mathematical modeling of the operation of single-loop and dual-loop control systems of a single-wheeled mobile robot under conditions of the presence of disturbing effects is carried out. A comparative analysis of the parameters of the quality of control performed by both considered ACS is performed.

Key words: computer model, dual-loop control system, DC electric drive, PID controller, transient response.

УДК 004.4'2

Юрков В.А., старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Юрков Д.А., доцент, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Горбунов В.А., ассистент, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

ДИАГРАММА КЛАССОВ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация: рассматриваются различные аспекты использования диаграммы классов при разработке информационных систем и программного обеспечения. Проанализированы различные возможности использования данного инструмента, даны общие рекомендации для его эффективного использования.

Ключевые слова: программирование, программное обеспечение, диаграмма классов, информационная система

Современные информационные системы состоят из множества различных компонентов, взаимодействующих между собой, и требуют тщательного планирования и проектирования. Разрабатывая информационную систему, важно использовать эффективные инструменты визуализации, которые позволяют упростить и ускорить процесс разработки.

Парадигма ООП (объектно–ориентированное программирование) широко и активно используется при разработке современного программного обеспечения различного уровня сложности. Модель, используемая в данной парадигме, способна достаточно точно описывать свойства и поведение объектов реального мира, которые взаимодействуют друг с другом для достижения поставленной цели разрабатываемой системы.

Однако ООП не является универсальной технологией для решения всех существующих проблем при разработке информационных систем. Отсутствие четкого представления, какие классы нужно реализовать в системе, как их потом использовать и как они должны взаимодействовать друг с другом, может

привести к очень сложной, нестабильной и трудно расширяемой системе с большим количеством потенциальных ошибок, которые будут неожиданно проявляться по мере эксплуатации системы.

Чтобы избежать подобной ситуации, на этапе программирования разрабатываемой информационной системы или отдельных ее компонентов, существенную помощь может оказать такой инструмент UML (Unified Modeling Language, унифицированный язык моделирования), как диаграмма классов [1-6].

Диаграмма классов используется для визуального представления внутренней структуры разрабатываемой системы или отдельных ее компонентов в виде классов и связей между ними, что подчеркивает их функциональные зависимости и взаимодействия. Использование диаграммы классов, дает возможность проанализировать систему, принимая во внимание различные аспекты ее эксплуатации, и откорректировать потенциальные ошибки. Подобный подход является актуальным и помогает упростить разработку системы или отдельных ее частей всеми участниками проектирования.

Рассмотрим фрагмент системы, который реализует иерархию взаимосвязей домашних животных. Имеется следующее текстовое описание: иерархия классов начинается с класса Pet, внутри которого определяется следующее перечисление {UNKNOWN = 0, CAT = 1, DOG = 2, PARROT = 3}. Класс Pet должен содержать поле kind, значением которого может быть только один из элементов данного перечисления и поле name, содержащее имя домашнего питомца. Кроме этого, класс Pet должен определять следующие два метода:

- getName – метод, возвращающий имя домашнего животного;
- getKind – метод, возвращающий вид домашнего животного.

По умолчанию, имя домашнего животного отсутствует, а вид домашнего животного неизвестен.

На данном этапе, создается базовый класс с именем Pet, соответствующий заданному описанию. Но даже из этого небольшого фрагмента видно, что текстовое описание не самый лучший способ задания исходных данных для программирования данной системы, поскольку опущены существенные детали, например, не указана видимость полей и методов, возникает вопрос, что именно (какое значение) должен возвращать метод getKind и какой тип данных должно иметь поле name. Кроме этого, текстовые описания приходится тщательно изучать, чтобы не упустить важные моменты. На диаграмме классов данное описание можно представить следующим образом (рис.1).

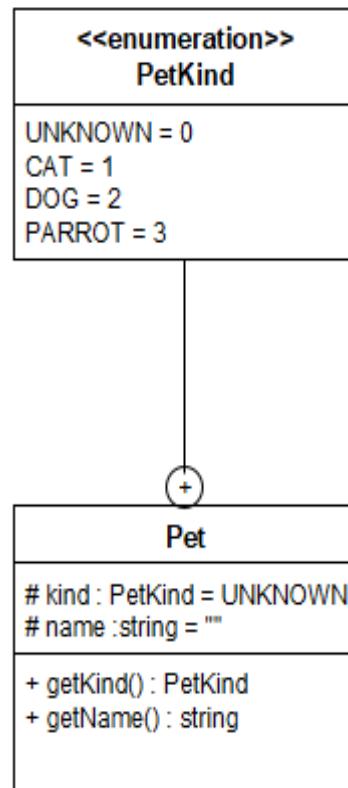


Рис.1. Диаграмма классов для класса Pet

Использование семантики элементов диаграммы классов, легко устраняет все вышеперечисленные недостатки текстового описания и дает четкое визуальное представление исходных данных. Можно продолжить текстовое описание построения иерархии классов домашних животных, например, описать классы, наследуемые от класса Pet, их поля и методы,

функционал и т.д., однако чем система сложнее, тем более сложное текстовое описание она будет иметь.

Воспользуемся возможностями, предоставляемыми диаграммой классов, и расширим данную систему на предлагаемых домашних животных из заданного перечисления, а именно {CAT, DOG, PARROT}. Изобразим ее на диаграмме классов (рис.2).

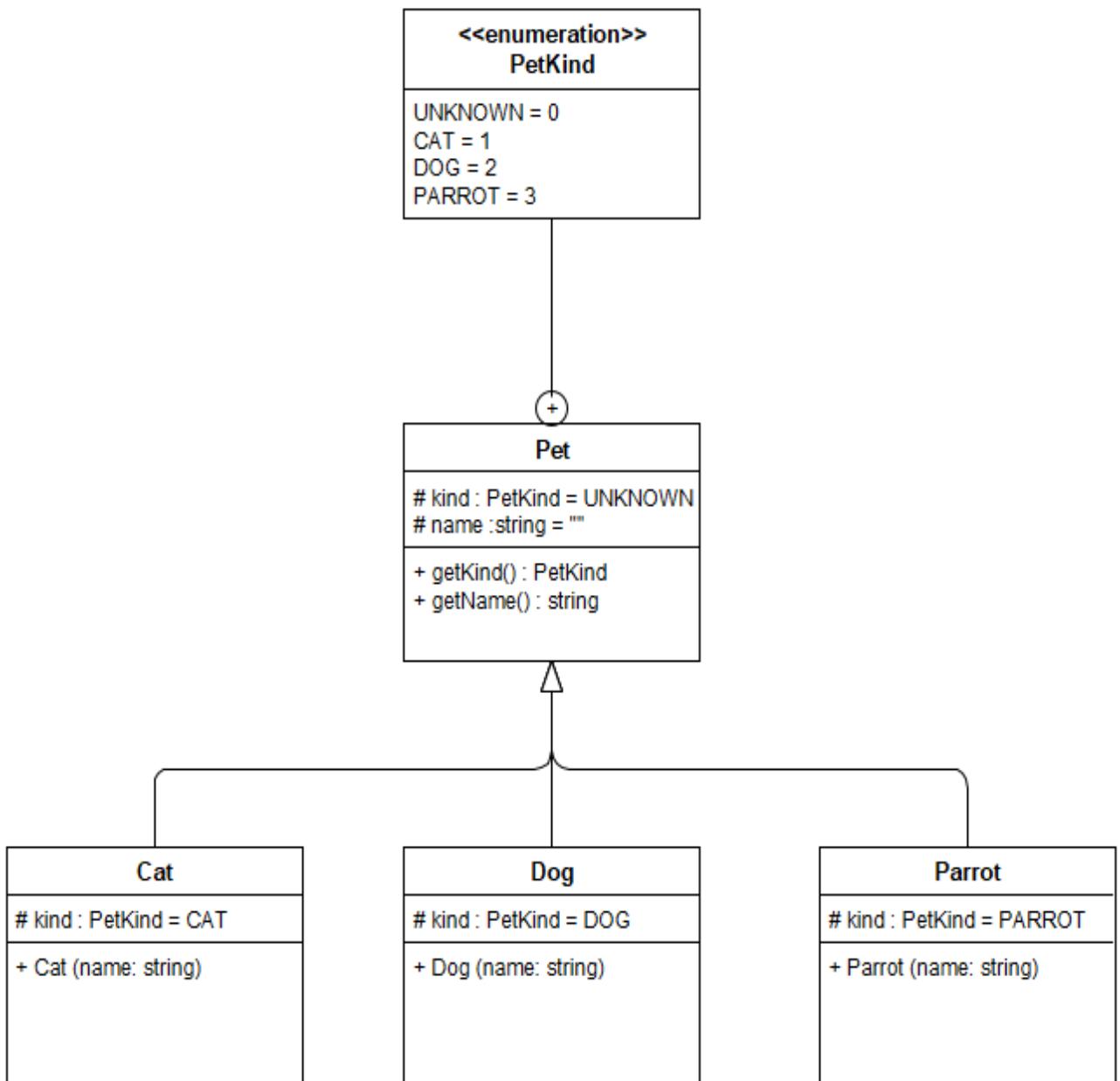


Рис.2. Диаграмма классов иерархии домашних животных

Диаграмма классов иерархии домашних животных показывает, что имя домашнего питомца и его вид задаются при создании экземпляра класса,

который наследуется от класса Pet, при этом, имя задается через конструктор соответствующего класса. Как можно видеть, диаграмма классов очень четко и лаконично позволяет расширить заданную систему и показать взаимосвязи между ее элементами.

Таким образом, с помощью диаграммы классов можно ответить на многие вопросы и проанализировать различные аспекты, возникающие при разработке информационных систем, что было бы затруднительно реализовать другими способами.

Рассмотрим фрагмент другой системы, в которой устанавливаются взаимосвязи между преподавателями и ассистентами высшего учебного заведения, а также предметами, которые они совместно преподают. Имеем следующие исходные данные:

- ассистент может получать задания и лабораторные работы для студентов от преподавателя, с которым он ведет занятия;
- преподаватель может получать отчеты по лабораторным работам и по заданиям от ассистента, с которым он ведет занятия;
- преподаватель вместе с ассистентом могут вести несколько предметов.

Для построения диаграммы классов, формализуем исходные данные следующим образом: имеется три сущности ассистент, преподаватель и предмет. Преподаватель и ассистент могут быть описаны одним классом (класс Teacher), который реализует функционал как преподавателя (интерфейс ILect) так и ассистента (интерфейс IAssist). Таким образом, класс Teacher может играть две роли: преподавателя или ассистента, каждая из которых имеет свой собственный функционал. Кроме этого, класс Teacher имеет ассоциацию с классом, описывающим предмет (класс Subject). Покажем данную информацию на диаграмме классов и проанализируем ее (рис. 3).

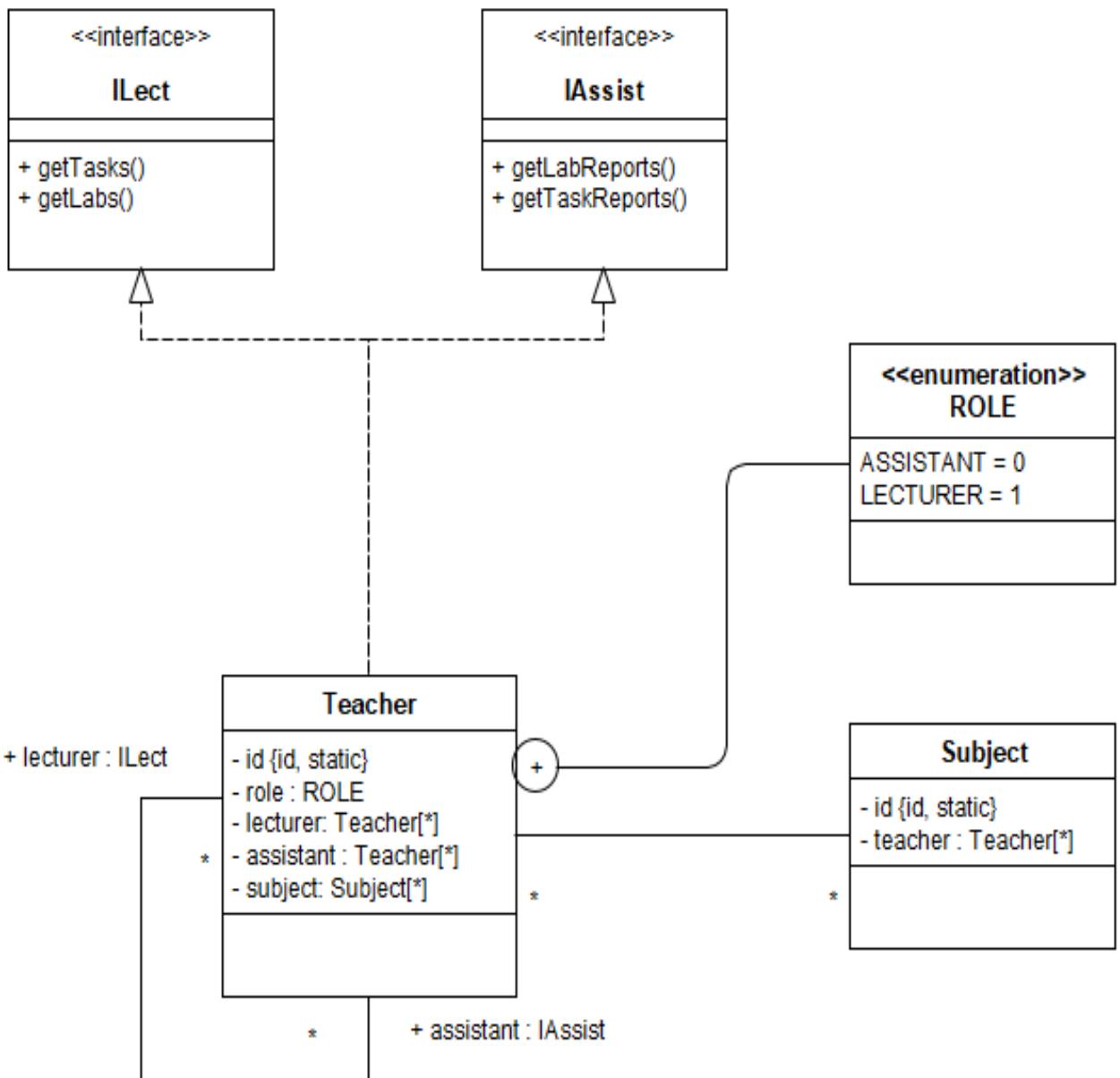


Рис. 3. Диаграмма классов взаимосвязей преподавателей, ассистентов, предметов (начальный вариант)

Анализируя начальный вариант диаграммы, можно видеть, что в классе **Teacher** нет однозначного соответствия между преподавателем ведущим занятия и ассистентом или ассистентами, с которыми он ведет занятия (если класс **Teacher** имеет роль LECTURER) и наоборот, нет однозначного соответствия между ассистентом и преподавателями, с которыми он ведет занятия (если класс **Teacher** имеет роль ASSISTANT). В данном случае, на диаграмме, мы имеем отношение «многие–ко–многим». Точно такое же отношение существует между классами **Teacher** и **Subject**. На данном примере хорошо видно, как диаграмма

классов позволяет увидеть и проанализировать различные аспекты разработки информационных систем. Для исправления данной ситуации (устранения отношения «многие–ко–многим»), необходимо ввести две новые сущности (два класса–ассоциации): LectAssist (задающий однозначное отношение между преподавателем и ассистентом) и TeacherSubject (задающий однозначное отношение между преподавателем и предметом). Откорректированный вариант диаграммы классов показан на рис.4.

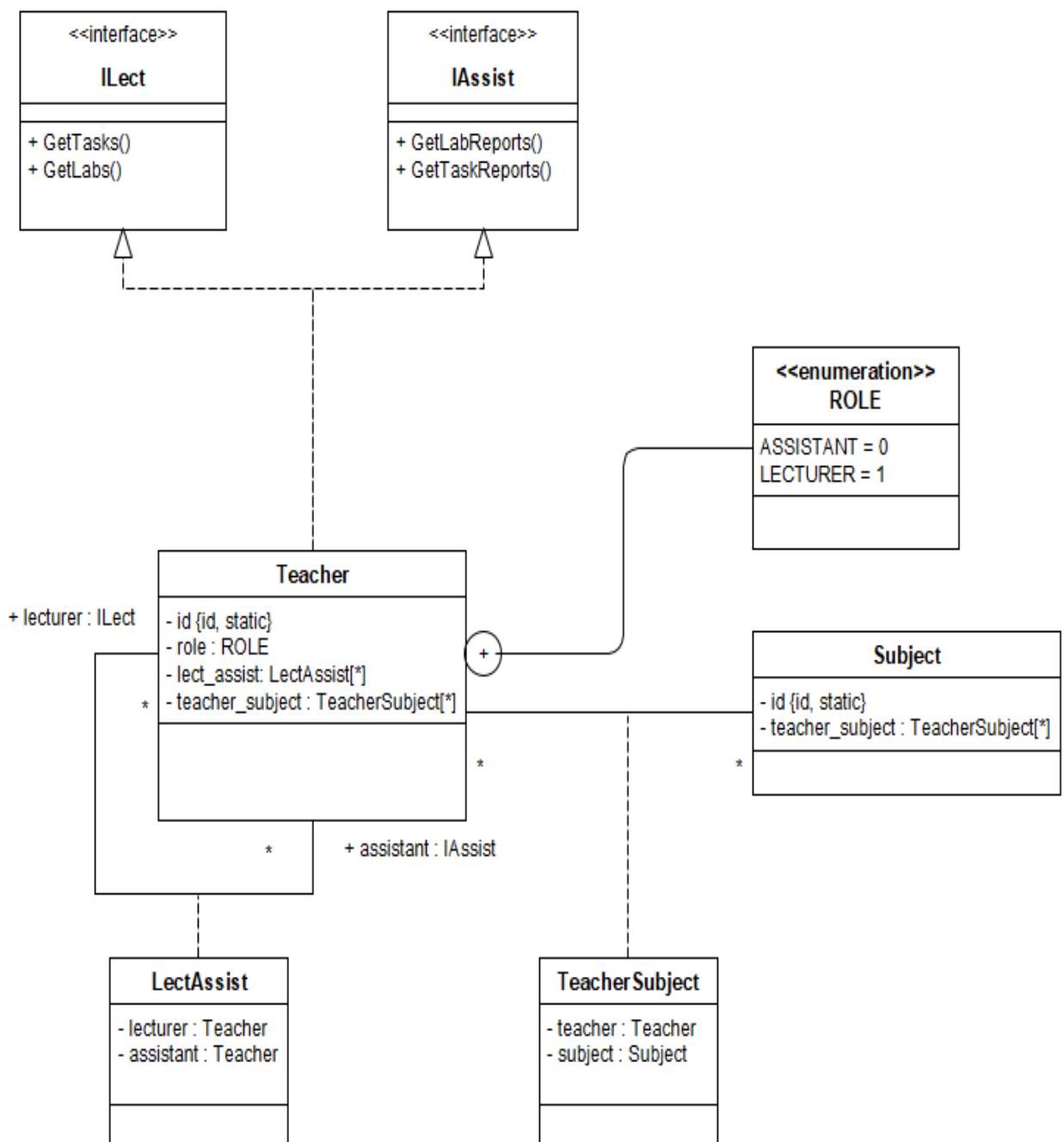


Рис. 4. Диаграмма классов взаимосвязей преподавателей, ассистентов, предметов (откорректированный вариант)

Работая с диаграммами классов, всегда необходимо помнить, что на диаграмме классов не обязана отображаться абсолютно вся информация о каждом классе (все атрибуты и операции). Это зависит от уровня детализации диаграммы, но хорошая диаграмма классов всегда должна точно и четко отражать главную идею, которую хочет донести разработчик.

Для эффективного использования такого мощного инструмента UML как диаграмма классов при разработке информационных систем и программного обеспечения в целом, необходимо уделять внимание следующим аспектам:

1. Определите классы, которые описывают сущности, их атрибуты и операции, необходимые для построения диаграммы классов.

2. Определите уровень детализации диаграммы (в любом случае, диаграмма должна содержать все необходимые компоненты, которые важны для понимания предназначения диаграммы).

3. Определите отношения между классами. При этом необходимо помнить, что различные типы отношений указывают на специфические формы взаимодействия между классами и экземплярами классов.

4. Обращайте особое внимание на кратность отношений. Необходимо избегать отношений «многие–ко–многим».

5. Придерживайтесь принципа «максимальной простоты» при построении диаграммы классов, не упуская при этом важные для понимания диаграммы моменты.

Список использованных источников

1. Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Язык UML. Руководство пользователя. 2-е изд.: Пер. с англ. Мухин Н.-М.: ДМК Пресс, 2006.-496 с.: ил.
2. Леоненков А.В. Самоучитель UML. – 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 432 с.: ил.
3. Фаулер М. UML. Основы, 3-издание. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2004. – 192 с., ил.

4. Моделирование на UML [Электронный ресурс] URL:
http://book.uml3.ru/sec_1_5 (дата обращения: 15.04.2025 г.)
 5. Моделирование на UML [Электронный ресурс] URL:
http://book.uml3.ru/sec_3_2 (дата обращения: 15.04.2025 г.)
 6. Моделирование на UML [Электронный ресурс] URL:
http://book.uml3.ru/sec_3_3 (дата обращения: 15.04.2025 г.)
-

Yurkov V.A., senior lecturer, The Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk State University named after Vladimir Dal»

Yurkov D.A., candidate of technical sciences, associate professor, The Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk State University named after Vladimir Dal»

Gorbunov V.A., assistant, The Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk State University named after Vladimir Dal»

CLASS DIAGRAM AS AN EFFECTIVE INSTRUMENT FOR INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT

Abstract: The article describes different aspects related to using a class diagram for the information system and software development. The different possibilities of using this tool are analyzed. The recommendations for this tool to be effectively used are formulated.

Keywords: programming, software, class diagram, information system

ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 004.942

Горбунов А.И., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО ЛГУ имени В. Даля

Горбунов В.А., ассистент, ФГБОУ ВО ЛГУ имени В. Даля

ОБЗОР МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТОРАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОЦИАЛЬНО-ПОЛИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ОБЩЕСТВЕ

Аннотация: Показана важность выборов как одного из главных атрибутов современного демократического общества. Проанализировано состояние социально-политических условий в обществе. На примере моделей показана зависимость электоральной активности от социально-политических условий в обществе.

Ключевые слова: Важность выборов; функции выборов; электоральная активность; социально-политические условия; индексы демократии; математическое моделирование

Демократия, как современная и наиболее совершенная в настоящее время форма государственного устройства, подразумевает наличие в нем некоторых основополагающих политических процессов, одним из которых являются выборы. Выборы – единственный легитимный доступ к власти через волю народа в демократическом государстве.

Всеобщая Декларация прав человека, принятая Генеральной Ассамблей ООН 10 декабря 1948 г., провозглашает право каждого человека принимать участие в управлении своей страной непосредственно или через посредство свободно избранных представителей. Согласно Декларации, «воля народа должна быть основой власти правительства; эта воля должна находить себе выражение в периодических и нефальсифицированных выборах, которые должны проводиться при всеобщем и равном избирательном праве, путем тайного голосования или же посредством других равнозначных форм, обеспечивающих свободу голосования» (ст. 21) [1].

В представленной работе выборы понимаются как централизованное мероприятие в масштабах государства, проводимое под руководством государственных органов на организационном этапе с соблюдением всех конституционных норм. На этапе голосования путем волеизъявления граждан на избирательных участках, определяются те, кому большинством голосов избиратели делегируют право на власть на установленный срок.

Одновременно, по результатам голосования утрачивают власть те кандидаты, которые не получили вотум доверия. Таким образом, осуществляется ротация властных структур, являющаяся одной из целей регулярно проводимых выборов и выполняющая стабилизирующую функцию [1].

Перечисленные выше возможности занимать руководящие должности конституционно закреплены в Конституции Российской Федерации.

Так, Статья 3 Конституции Российской Федерации гласит, что носителем суверенитета и единственным источником власти в Российской Федерации является её многонациональный народ. Народ осуществляет свою власть непосредственно, а также через органы государственной власти и органы местного самоуправления. Высшим непосредственным выражением власти народа являются референдум и свободные выборы. Никто не может присваивать власть в Российской Федерации. Захват власти или присвоение властных полномочий преследуются по федеральному закону [2].

Также указано, что возглавляет российское государство Президент Российской Федерации. Президент избирается на основе всеобщего равного и прямого избирательного права при тайном голосовании (ст. 81 Конституции Российской Федерации) [3].

Учитывая ранее изложенные положения Всеобщей Декларации прав человека и Конституции РФ, становится очевидным, что организация и проведение выборов в России, а также все, что с ними связано, является делом государственной важности. Именно результаты всенародных выборов определяют самые важные, имеющие значения для всей страны и каждого гражданина России, решения. Однако, несмотря на указанную важность

выборов, в последние годы отмечается факт снижения явки избирателей на избирательные участки, который в среде политтехнологов и членов избирательных комиссий называют «электоральной активностью».

Электоральная активность – понятие, которое является переводом латинского слова «elector» и на русском языке означает «избиратель» [4].

Электоральное поведение, которое значительно сложнее формализовать, кроме того, также включает в себя как электоральную активность в форме голосования, так и электоральную пассивность в форме отказа от голосования или абсентеизм. [5].

Политтехнологи давно установили однозначные зависимости между уровнем жизни (социальными условиями) и уровнем демократии в обществе и уровнем избирательной (электоральной) активности в обществе. Право граждан на избирательную активность оговаривается в пункте 2 32 статьи российской Конституции – «Граждане Российской Федерации имеют право избирать и быть избранными в органы государственной власти и органы местного самоуправления, а также участвовать в референдуме» [6]. На рисунке 1 [6]. в графической форме представлено соотношение избирателей, принимавших участие в выборах президента РФ в период с 2000 по 2018 годы (темный цвет), и проигнорировавшие выборы (более светлый цвет).

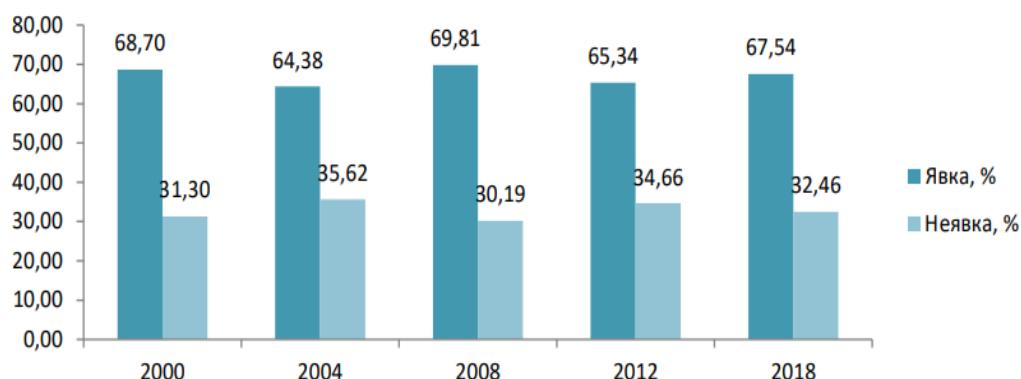


Рис. 1 [6]. График активности избирателей на выборах президента РФ

Анализ результатов голосования в 2000-2018 гг. осуществлен по методам политтехнологий и математической статистики. График по результатам анализа

показывает, что избирательная активность в этот период имела невысокое, но относительно стабильное значение при значительном проценте абсентеистов. Примерно около 30 % от общего числа избирателей на выборах президента РФ не принимают участия в голосовании. Этот тревожный фактор требует отдельного углубленного анализа [6].

С целью подтверждения или опровержения полученных результатов статистики по выборам президента РФ путем сравнительного анализа, авторы обратились к независимым данным, предоставляемым ежегодно Институтом V-Dem, которые называются индексами демократии [7]. Институт V-Dem публикует пять основных индексов и несколько дополнительных. Основными индексами являются индекс электоральной демократии, индекс либеральной демократии, индекс демократии, индекс совещательной демократии и индекс эгалитарной демократии.

По данным Института V-Dem, Индекс электоральной демократии для России находится на 155 месте из 179, рассмотренных в таблице, между Оманом и Сомали. Примечательно, что по данным этой таблицы выше России находятся Украина (107), Палестина (Западный берег) (139), воюющий Израиль (50), а также подавляющее большинство стран – членов НАТО, вовсю неофициально участвующих в войне на стороне Украины. Таким образом, даже с учетом невысокой электоральной активности россиян, объективность указанного места вызывает многое вполне закономерных вопросов к составителям этих таблиц.

Поскольку в настоящей работе рассматривается влияние социальной составляющей в обществе, также была рассмотрена таблица Института V - Dem «Рейтинг стран мира по Индексу социального прогресса» [8].

В этой таблице Россия занимает 77 место из имеющихся в таблице 170 мест, между Узбекистаном и Доминиканской Республикой. Выше России по этому рейтингу находится та же Украина (63), Беларусь (66), Молдова (56) и практически все страны бывшего социалистического лагеря.

Политическую составляющую, или соотношение демократических и недемократических государств в мире (Freedom in the World) – это регулярное

исследование, по итогам которого составляется рейтинг, определяющий уровень политических и гражданских свобод в подавляющем большинстве стран мира. Этот рейтинг издается неправительственной организацией Freedom House и размещен в таблице [9].

Как следует из таблицы, по уровню политических и гражданских свобод Россия находится на 181 месте в мире, между Лаосом и Бахрейном. Это чем же руководствуются разработчики рейтинга, чтобы расположить на таком месте Россию?

В данной таблице при классификации стране присваивается индекс и статус. России присвоен индекс 13, а самый низкий индекс -3 (минус три!) присвоен Нагорному Карабаху за 209 (последнее) место в таблице. Кроме индивидуального индекса все страны разбиты на три статусных группы: «Свободные» (Free), «Частично свободные» (Partly Free), «Несвободные» (Not Free). Россия входит в группу «Несвободных» стран.

Совершенно очевидно, что данные рассмотренных выше рейтингов, пусть подробные и учитывающие большое количество показателей и критериев по всему миру, мягко говоря, слишком необъективные и не отражают реальное состояние дел с аналогичными показателями в России.

Также очевидно, что в настоящее время существуют вопросы в области эlectorальной активности населения РФ, требующие незамедлительного теоретического решения, в том числе и с использованием методов математического моделирования.

Сегодня математика широко используется для построения моделей в областях наук, где до того преобладали вербальные модели и качественные характеристики – в социальных науках, политологии, экономике и т.п.

Совершенно естественным смотрится использование статистических методов в политологии. В этом научном направлении количественные исследования легко позволили перейти к математическим моделям. В настоящее время математический аппарат для разработки моделей позволяет работать не только с количественными данными, но, при использовании теории нечетких

множеств, возможно моделировать качественно описанные параметры. Математическое моделирование социального поведения насчитывает не более 20 лет от роду, и пока нет оснований считать, что оно уже достигло пределов своего развития [10].

Описание языком математических символов политических процессов и явлений предполагает исследовательскую стратегию, отличную от ранее использовавшихся основных форм политологического исследования. Ниже, на рисунке 2 [10], рассмотрена последовательность действий, позволяющая в общем виде отобразить основные шаги по преобразованию политического поведения в форме вербальной модели в математическую модель [10].



Рис. 2 [10]. Граф-схема алгоритма, описывающего моделирование политических событий математическими моделями

Первым шагом в процессе разработки модели является индуктивный (селективный) отбор из имеющихся наблюдений, описанных в словесной форме на естественном языке и относящихся к моделируемому процессу. В качестве

такого шага можно рассматривать формулировку проблемы путем выделения первостепенных и второстепенных задач.

На втором шаге осуществляется переход к разработке неформальной модели, характерным признаком которой является упрощённое описание моделируемой ситуации с использованием терминологии естественного языка, без математических зависимостей. После подробного знакомства с содержанием, смыслом и целью неформальной модели разработчик, как правило, начинает поиск адекватной математической модели, описывающей неформальную модель математическими средствами [10].

В качестве третьего шага осуществляется преобразование неформальной модели в математическую модель путем анализа содержания и логического смысла в словесном описании неформальной модели. Самым сложным на этом этапе является поиск адекватного математического описания, при помощи которого можно выразить установленные ранее содержание и смысл неформальной модели, ее внутреннюю логику. Необходимо также иметь в виду неоднозначность неформальных моделей, описанных на естественном языке и являющихся, по сути, вербальными моделями. Это их свойство может порождать несколько вариантов преобразования в математическую модель, которые могут иметь различный смысл [10].

Содержание четвертого этапа состоит из математической обработки данных в полученной формальной модели. Именно этот этап включает апробирование задействованных математических методов для извлечения результатов моделирования на основании имеющейся входной информации.

В чисто математических моделях, с использованием абстрактных формул и математических зависимостей, за ними скрывается сам смысл и протекание процесса моделирования. Поэтому результаты моделирования необходимо переводить на естественный язык для понимания их результатов.

В настоящее время моделирование чаще всего осуществляется с использованием компьютерной техники. Это дает возможность, при наличии модели, производить вычислительный эксперимент с использованием выборок

данных с заранее известными выходными данными. Степень совпадение с известными данными результатов моделирования позволяет делать вывод об уровне адекватности разработанной модели. При необходимости возможен многократный прогон тестовой выборки с одновременной коррекцией элементов модели [10].

Четкая корреляция избирательной активности в зависимости от социально-политического положения в обществе проявилась в РФ в ходе событий 2011-2013 г.г. (т.н. «белоленточное» движение) [11]. Это движение несистемной оппозиции породило не только альтернативное движение в поддержку В. Путина, но и сильно подняло интерес массового избирателя к политической жизни российского общества.

Появление на фоне этого протестного движения метода для анализа результатов выборов, в основе которого использовался закон нормального распределения случайных величин, представляет определенный интерес. Этот интерес связан не с глубиной научного исследования, а с тем обстоятельством, что автором работы является не политолог или социолог, а физик по профессии [12]. При этом физик предложил свою работу на социально-политическую тематику.

И пусть концепция для определения фальсификаций типа: «вбросы и карусели на выборах можно строго доказать математически», основанная на кривой Гаусса для нормального распределения случайных величин, оказалась несостоятельной, сам факт привлечения математических методик и средств для определения фальсификаций на выборах, достоин самого пристального внимания. Это уже однозначно свидетельствует о растущем интересе к результатам выборов в части «подозрительного» распределения голосов избирателей именно для специалистов, владеющих методиками использования точных наук для обработки результатов случайных процессов, к которым можно отнести выборы.

В качестве подтверждения несоответствия кривых голосования нормальному распределению случайных величин можно рассмотреть два,

имеющих явные различия графика, (рис. 3). Эти графики описывают результат волеизъявления избирателей в США в 2016 году, когда происходили президентские выборы, а в качестве кандидатов выступали нынешний хозяин Белого Дома Д. Трамп и его оппонент Х. Клинтон. [13] (13).



Рис. 3 [13]. Нормальный закон распределения и его отличия от результатов голосования на примере выборов президента в США в 2016 году

Кроме того, в продолжение темы, в некоторых субъектах РФ также было оказано недоверие результатам голосования в 2017 году в Государственную Думу. Источником недоверия стал все тот же «метод Шпилькина». Подвергнутые сомнению результаты голосования были исследованы методами сравнительного анализа. В результате установлено, что теоретические основы собственно «метода» не содержат данных об эlectorальной активности избирателей. Следовательно, отсутствует возможность, позволяющая перейти к статистическому анализу нарушений из-за отсутствия таких данных [13].

Таким образом, описанный «метод» не получил однозначного математического подтверждения и в настоящее время официально не применяется.

Использование давно известной и хорошо апробированной модели Хотеллинга – Даунса [14] позволяет моделировать распределение голосов избирателей в зависимости от их политических взглядов и убеждений. Это стало возможно благодаря предложенной Г Хотеллингом (1895 - [1973](#)) теоретической модели рынка. В настоящее время эта модель используется как «модель линейного города» Гарольда Хотеллинга [15].

Для этого Энтони Даунс ([1930](#) - [2021](#)) [16], американский экономист и политолог, вводит аналогию между политической конкуренцией и моделью «линейного города». Для распределения голосов всех избирателей, в рассматриваемом случае на «крайне правых» и «крайне левых», т.е. подразумевается случай с двумя кандидатами, соответственно их политическим убеждениям, создается горизонтальная ось «крайне правые» - «крайне левые» (рис 4,а. [14]). Точки начала и конца горизонтальной оси соединяются плавной линией, соответствующей, в случае равномерного (без фальсификаций) результата голосования, нормальному распределению. В этом случае принимается, что площадь под кривой обозначает 100 % голосов избирателей.

Если в выборах принимает участие два кандидата, при этом один из них оказывается в окрестностях точки М (рис 4,а. [14]), то он имеет возможность получить примерно 50 % голосов. Поэтому оба кандидата должны стремиться к точке М, гарантирующей получение максимального числа голосов. Проблемой остается только умение максимально точно определить запросы и пожелания избирателя в точке М.

В ситуации, когда, например, в точке Б появится третий кандидат, а в точке М окажутся два других, то третий получит голоса правее (рис. 4,б [14]), т.е., третий кандидат получит в свою пользу голоса, находящиеся правее линии Б. Два других кандидата получат в свой актив все, что расположено левее этой линии (рис. 4,б [14]).

Таким образом, при проведении честных выборов действия кандидата должны способствовать максимальному приближению к точке М, где концентрируется максимальное количество голосов избирателей и велики шансы на победу в выборах.

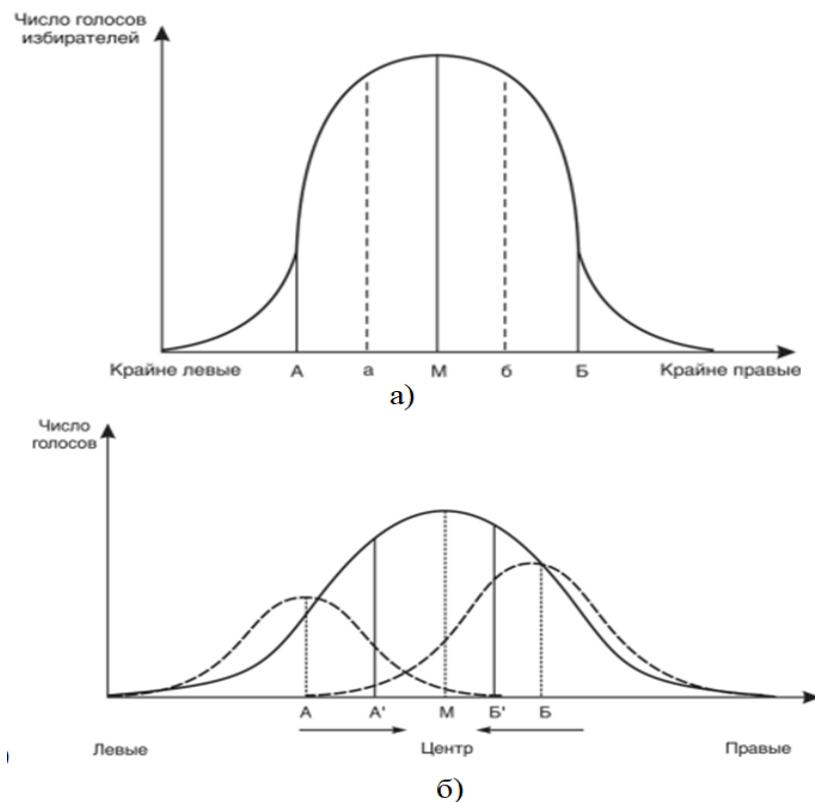


Рис. 4. Принцип группирования голосов при нормальном распределении (а) и
преимущество при движении к центру модели Даунса

Следовательно, пока максимум избирателей концентрируется в точке М, т.е. выборы идут без нарушений, и работает нормальный закон распределения, центр которого совпадает с пожеланиями большинства избирателей, каждый из кандидатов имеет возможность улучшить свои результаты голосования, если его программа также совпадает с пожеланиями большинства избирателей.

В начале обзора показана возрастающая важность выборов в политической жизни России и необходимость наведения порядка в этом процессе. Рассмотренные в обзоре примеры с использованием известных моделей подтверждают возможности эффективного применения для моделирования эlectorальной активности в зависимости от социально-политических условий математических моделей. Однако, в ходе обзора состояния вопроса по данной тематике, обращает на себя внимание отсутствие публикаций с описанием моделей по аналогичной тематике, но с использованием элементов искусственного интеллекта, таких как нечеткая логика или нейронные сети. Этот факт можно рассматривать как предложение к

исследованию по тематике этой статьи с использованием современных методов моделирования.

Список использованных источников

1. Электоральные процессы в современном мире: монография / кол. авторов; под общей редакцией М.Е. Родионовой, С.Ю. Белоконева, П.С. Селезнева, Д.А. Ежова. — Москва: КНОРУС, 2020. — С. 9-10. [Электронный ресурс] // (PDF) Электоральные процессы в современном мире | Damir Ziatdinov - Academia.edu https://web.archive.org/web/20220802182557/https://www.academia.edu/33737093/ЭЛЕКТОРАЛЬНЫЕ_ПРОЦЕССЫ_В_СОВРЕМЕННОМ_МИРЕ
2. Глава 1. Основы конституционного строя | Конституция Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Путь доступа<http://www.constitution.ru/10003000/10003000-3.htm>
3. Глава 4. Президент Российской Федерации | Конституция Российской Федерации. [Электронный ресурс] Путь доступа:
<http://www.constitution.ru/10003000/10003000-6.htm>
4. Action420-463299.pdf. [Электронный ресурс]. Путь доступа:
<https://interactive-plus.ru/e-articles/420/Action420-463299.pdf>
5. Электоральное поведение - Энциклопедия - Фонд знаний «Ломоносов»
<http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0126698:article>
6. Левицкая И.А. Милехина П.О. Активность избирателей как основной показатель уровня развития гражданского общества и правовой культуры. pdf, [Электронный ресурс]. Путь доступа: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2022/RM22/pages/Articles/094518.pdf>
7. Индексы демократии V-Dem. Электронный ресурс. Путь доступа
https://en.wikipedia.org/wiki/V-Dem_Democracy_Indices#
8. Индекс социального прогресса. [Электронный ресурс]. Путь доступа: URL: <https://gtmarket.ru/ratings/social-progress-index> (дата обращения 21.04.2025)
9. Рейтинг стран мира по уровню политических и гражданских свобод. [Электронный ресурс]. Путь доступа: <https://gtmarket.ru/ratings/freedom-in-the-world>

- 10 Математическое моделирование. [Электронный ресурс]. Путь доступа:
<https://leksii.org/3-101000.html>

11. Белая лента — Русский эксперт. [Электронный ресурс]. Путь доступа:
https://ruxpert.ru/Белая_лента

12. Метод Шпилькина (очень длиннопост без картинок) | Пикабу. [Электронный ресурс]. Путь доступа:
https://pikabu.ru/story/metod_shpilkina_ochen_dlinnopost_bez_kartink_8492043

13. И.Б. Борисов, Н.В. Дасничева. Математические методы анализа как фактор оценки результатов выборов. [Электронный ресурс]. Путь доступа:
https://www.rcoit.ru/upload/iblock/2f9/ГВВ_1_2018_Математические%20методы%20анализа%20как%20фактор%20оценки%20результатов%20выборов.pdf

14 Модель Хотеллинга – Даунса на примере России - Национальная экономика.
[Электронный ресурс]. Путь доступа:
https://studref.com/361945/ekonomika/model_hotellinga_daunsa_primere_rossii

15. Хотеллинг Гарольд, биография, открытия и работы — РУВИКИ]. [Электронный ресурс]. Путь доступа: [https://ru.wiki/Хотеллинг,_Гарольд

16. Даунс Энтони, биография, открытия и работы — РУВИКИ. [Электронный ресурс]. Путь доступа: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Даунс,_Энтони

*Gorbunov A.I., PhD in Engineering, Associate Professor, Gorbunov V.A., Assistant,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk
Vladimir Dahl State University»*

REVIEW OF METHODS OF MODELING ELECTORAL ACTIVITY DEPENDING ON SOCIAL AND POLITICAL CONDITIONS IN SOCIETY

Abstract: the importance of elections as one of the main attributes of a modern democratic society is shown. The state of socio-political conditions in society is analyzed. Using the example of models, the dependence of electoral activity on socio-political conditions in society is established.

Keywords: the importance of elections; functions of elections; electoral activity; socio-political conditions; indices of democracy; mathematical modeling

УДК 004.8

Кривоногова А.Е., магистрант, 1 курс, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Сабиров Р.Р., магистрант, 1 курс, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Исавнин А.Г., д.ф.-м.н., профессор кафедры бизнес-информатики и математических методов в экономике, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ КАДРОВ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Аннотация: в статье представлен аналитический обзор современных программных решений, ориентированных на содействие трудоустройству студентов и выпускников высших учебных заведений. Проведенное исследование выявило, что существующие решения в ограниченном степени решают проблему трудоустройства выпускников по специальности. В качестве инновационного подхода предлагается разработка специализированной цифровой платформы, ключевыми преимуществами которой станут: интеграция с электронной библиотечной системой Elibrary и реализация алгоритмов интеллектуального формирования резюме на основе анализа цифрового образовательно-профессионального профиля пользователя.

Ключевые слова: образование, трудоустройство, искусственный интеллект, нетворкинг, цифровая платформа.

Эффективность университетов оценивается по ряду факторов, среди которых ключевыми являются качество образовательного процесса, актуальность научных исследований и востребованность выпускников на рынке труда. Для улучшения этих показателей необходимо внедрять современные образовательные технологии, в том числе за счет развития партнерства между вузами и компаниями. Такой подход не только повысит мотивацию студентов, но и усилит их вовлеченность в научно-исследовательскую деятельность.

Важным условием успешной профессиональной адаптации выпускников высших учебных заведений выступает их осведомленность в области

современных технологий трудоустройства. Согласно проведенным исследованиям, эффективность поиска работы существенно повышается при комплексном использовании таких инструментов, как профессиональные социальные сети, государственные службы содействия занятости, рекрутинговые агентства, специализированные карьерные мероприятия и электронные платформы трудоустройства.

Эмпирические данные, представленные информационным агентством ТАСС (2023), свидетельствуют о положительной корреляции между уровнем образования и показателями занятости: если среди выпускников программ бакалавриата и специалитета трудоустроено 68% респондентов, то среди обладателей степени магистра данный показатель достигает 84%. Наблюдается устойчивая тенденция раннего трудоустройства - 30% опрошенных определяются с местом работы на завершающем курсе обучения. Более половины респондентов (56%) демонстрируют практику совмещения учебной и профессиональной деятельности, при этом 78% из них работают в соответствии с полученной квалификацией. Максимальные значения трудоустройства по специальности фиксируются на уровне 98%, что подтверждает гипотезу о востребованности выпускников на современном рынке труда [1].

Полученные результаты позволяют сделать вывод о значительном влиянии как качества профессиональной подготовки, так и степени владения технологиями поиска работы на успешность профессиональной адаптации молодых специалистов. Данное обстоятельство актуализирует необходимость интеграции в образовательный процесс вузов специализированных модулей по развитию карьерных компетенций.

Проведенный анализ выявляет существенную проблему недостаточной информированности студентов выпускных курсов о перспективах трудоустройства, что подтверждается высоким показателем в 70%. Данная ситуация обуславливает актуальность модернизации системы профориентации и

расширения информационного сопровождения студентов в вопросах карьерного развития на этапе обучения.

Многочисленные исследования, проведенные российскими экономистами в рамках мониторинга трудоустройства выпускников (2021), демонстрируют значительное влияние совмещения учебы с трудовой деятельностью на последующую профессиональную адаптацию. Согласно полученным результатам, такой опыт повышает вероятность успешного трудоустройства на 19% и способствует росту заработной платы в среднем на 14%. В исследовании были проанализированы данные 200 тысяч выпускников бакалавриата и специалитета, что подтверждает репрезентативность выборки [2]. Эти данные свидетельствуют о важности практико-ориентированного подхода в образовательном процессе, который не только способствует профессиональному становлению студентов, но и укрепляет их позиции на конкурентном рынке труда. Для успешного трудоустройства выпускники могут использовать различные способы поиска работы, такие как: поиск работы через нетворкинг, поиск через государственные центры занятости, поиск через агентства по трудоустройству, посещение дней карьеры и ярмарок вакансий, платформы по поиску работы.

Проведенный анализ различных стратегий трудоустройства позволяет выявить их характерные особенности и эффективность. Нетворкинг-подход (использование социальных связей) демонстрирует ряд преимуществ, включая временную эффективность, доступ к непубликуемым вакансиям и повышение вероятности трудоустройства за счет рекомендательного фактора. Однако данный метод характеризуется ограниченностью профессионального выбора, потенциальными конфликтами интересов и снижением автономности соискателя в процессе поиска работы.

Государственные центры занятости предлагают институциональную поддержку, включая профессиональную переподготовку и финансовую компенсацию, но их функционал ограничен для студентов очной формы обучения ввиду их формального статуса занятости [3]. Рекрутинговые агентства,

обеспечивая доступ к эксклюзивным вакансиям, тем не менее создают высококонкурентную среду и могут предполагать финансовые издержки для соискателя.

Карьерные мероприятия (ярмарки вакансий, дни карьеры) обеспечивают прямой контакт с работодателями, но их эффективность ограничена временными рамками и специализированной направленностью. Цифровые платформы трудоустройства, обладая преимуществами в виде широкого охвата и функциональных возможностей фильтрации, требуют высокого качества самопрезентации соискателей. Проведенный компартивный анализ свидетельствует, что ни один из существующих методов не обеспечивает комплексного решения проблемы трудоустройства выпускников. В качестве оптимального решения предлагается разработка интеллектуальной аналитической системы, интегрирующей преимущества рассмотренных подходов и минимизирующей их недостатки.

Международный опыт свидетельствует о растущей интеграции университетов с цифровыми платформами трудоустройства, такими как Handshake [4], что создает эффективную экосистему взаимодействия между образовательными учреждениями, студентами и работодателями. Данные платформы предоставляют комплексный инструментарий для поиска вакансий и стажировок, организации карьерных мероприятий и индивидуального консультирования, существенно повышая показатели трудоустройства выпускников. Особую значимость приобретает аналитический функционал таких систем, позволяющий вузам корректировать образовательные программы в соответствии с актуальными требованиями рынка труда. В этом контексте разработка интеллектуального сервиса поиска работы на основе партнерства университетов и компаний представляется стратегически важным решением. Такой сервис сможет обеспечить персонализацию практик и стажировок с учетом индивидуальных компетенций студентов, оптимизировать процесс подбора кадров для работодателей и способствовать постоянной актуализации учебных программ. Реализация данной концепции позволит создать устойчивую

систему профессиональной навигации, минимизирующую существующий дисбаланс между подготовкой специалистов и потребностями экономики, что особенно актуально в условиях динамично изменяющегося рынка труда.

Современные платформы для трудоустройства (hh.ru, Superjob, Rabota.ru) [5] обладают рядом существенных ограничений, включая отсутствие автоматизированных инструментов для составления резюме, интеграции с научной электронной библиотекой eLibrary, возможностей анализа академических достижений с применением технологий искусственного интеллекта и оценки результатов производственных практик. Эти недостатки снижают мотивацию студентов к научно-исследовательской деятельности и осложняют их профессиональную адаптацию. В качестве перспективного решения предлагается разработка интеллектуальной платформы для вузов, которая объединит студентов, работодателей и образовательные учреждения. Ключевыми функциональными возможностями такой системы должны стать: персонализированный подбор вакансий на основе анализа компетенций, автоматическая интеграция с eLibrary для учета научных публикаций, интеллектуальные рекомендации для профессионального развития с использованием алгоритмов машинного обучения, а также специализированные инструменты для работодателей и университетов. Реализация данной платформы позволит преодолеть существующие коммуникационные барьеры, значительно повысить эффективность процессов трудоустройства и создать дополнительные стимулы для научной активности студентов за счет применения современных технологий обработки и анализа данных.

Этапы разработки интеллектуальной платформы.

На начальной стадии проектирования осуществляется формализация бизнес-процессов платформы с применением нотации BPMN 2.0 [6], что позволяет визуализировать workflow системы и стандартизировать описание взаимодействия между участниками процесса. Разработанная BPMN-диаграмма детализирует алгоритмическую структуру web-приложения. [6]

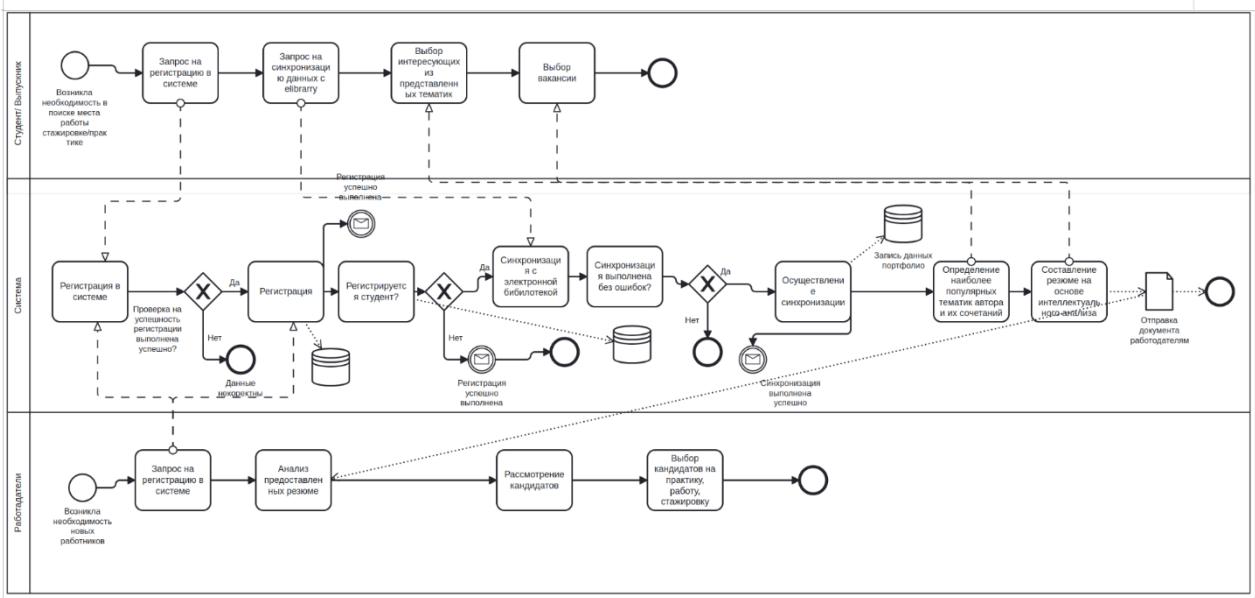


Рис. 1. BPBMN диаграмма алгоритма работы web-приложения

На втором этапе выполнено прототипирование пользовательского интерфейса в онлайн-сервисе Figma. Созданный интерактивный прототип включает wireframe-модели ключевых экранов системы, UI-компоненты, разработанные в соответствии с принципами material design, а также детальные сценарии взаимодействия для различных категорий пользователей (студентов, работодателей). Результаты данного этапа представляют собой формализованную основу для последующей разработки программного каркаса системы.

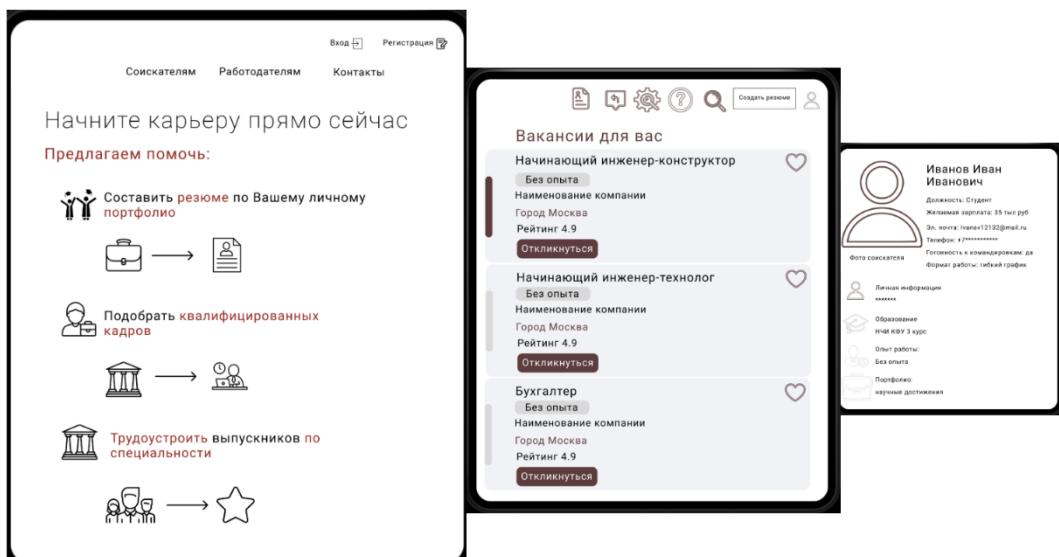


Рис. 2. Макет web-приложения

Цифровая платформа для вузов представляет собой интегрированное решение, соединяющее образовательные учреждения, студентов и работодателей в единую экосистему. Ключевые функции включают: для студентов - интеллектуальный подбор вакансий и практик с учетом их компетенций; для работодателей - инструменты точного рекрутинга и влияния на образовательные программы; для вузов - мониторинг трудоустройства выпускников и корректировку учебных планов на основе данных. Система обеспечивает синхронизацию академической подготовки с требованиями рынка труда, автоматизирует процессы профессиональной адаптации и формирует прозрачные карьерные траектории, повышая конкурентоспособность выпускников.

Список использованных источников

1. В РФ трудоустроены почти 70% выпускников бакалавриата и специалитета 2024 года [Электронный ресурс] // ТАСС [сайт]. [2024]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/22327247> (дата обращения 28.04.2025)
2. Федеральное статистическое выборочное наблюдение трудоустройства выпускников, получивших среднее профессиональное и высшее образование // Росстат [сайт]. [2021]. URL: <https://iz.ru/1687188/2024-04-24/analitiki-nazvali-uroven-avtomobilizatsii-naseleniia-rossii> (дата обращения 28.04.2025)
3. Федеральный закон от 12.12.2023 N 565-ФЗ (ред. от 08.08.2024) "О занятости населения в Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2025) // [сайт]. [2025]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_464093/1e48685c93624e1bcb8b710551938c81d2b8bebd/ (дата обращения 28.04.2025)
4. Careers start here // [сайт]. [2024]. URL: <https://joinhandshake.com/> (дата обращения 28.04.2025)

5. Лучшие сайты для поиска сотрудников в 2025 году [сайт]. [2025]. URL: <https://www.directline.pro/blog/sajty-dlya-poiska-sotrudnikov/> (дата обращения 28.04.2025)
 6. BPMN 2.0 универсальный подход при построении диаграмм // [сайт] <https://habr.com/ru/articles/843942/> (дата обращения 28.04.2025)
-

Krivonogova A.E., Master's student, 1st year, Naberezhnye Chelny Institute of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Kazan (Volga Region) Federal University

Sabirov R.R., Master's student, 1st year, Naberezhnye Chelny Institute of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Kazan (Volga Region) Federal University

Isavnin A.G., PhD, Professor of the Department of Business Informatics and Mathematical Methods in Economics, Naberezhnye Chelny Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT ANALYTICAL PLATFORM FOR MANAGING STAFF TRAINING IN HIGHER EDUCATION.

Abstract: The article presents an analytical review of modern software solutions aimed at facilitating the employment of students and graduates of higher education institutions. The study revealed that existing solutions solve the problem of graduate employment in their specialty to a limited extent. As an innovative approach, the development of a specialized digital platform is proposed, the key advantages of which will be: integration with the Elibrary electronic library system and the implementation of algorithms for intelligent resume generation based on the analysis of the user's digital educational and professional profile.

Keywords: education, employment, artificial intelligence, networking, digital platform.

УДК 72.03(470):691.11

П.П. Медведев, Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

Ю.В. Никонова, к.т.н., доцент каф. ТиОС, Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

АРХИТЕКТУРА РОССИЙСКОГО СЕВЕРА. ОТ ЛИМСКОЙ ВОЛОСТКИ К ШОЖЕМСКОМУ ПОГОСТУ

Аннотация: Статья посвящена изучению морфологии Шожемской (Шежемской) групповой системы населенных мест на территории Архангельского Примошья – одного из специфических историко-архитектурных субрегионов Российского Севера, обследование памятников народного зодчества которого было проведено историко-архитектурными экспедициями Петрозаводского университета в 1989–1992 годах.

Ключевые слова: Архитектура, Российский Север, Шожемская (Шежемская) групповая система населенных мест.

Введение

Данная статья является логическим продолжением серии авторских публикаций, посвященных исследованию морфологии традиционных расселенческо-поселенческих образований, сформировавшихся на территории Архангельского Примошья – специфического историко-архитектурного субрегиона Российского Севера, расположенного в юго-западной части Архангельской области и граничащего на западе с Каргопольем, а на востоке – с Поважьем (1995–2020 гг.) [8, 9, 10, 11, 12].

Шожемский (Шежемский) поселенческий кластер

На очереди Шожемский (Шежемский) поселенческий кластер, расположенный на расстоянии 20 км к северо-западу от Мошинской (Мошенской), Матьзерской и Лимской групповых систем населенных мест, сведения о которых были представлены в предшествующих авторских публикациях (рис. 1.1, 1.2, 1.4, 1.18). Следует особо отметить, что само название реки Шожма (Шежма, Шошма Шозма, Schoshma), как и названия рядом расположенных рек Моша и Лим (Лима), вероятнее всего принадлежит аборигенам Примошского края, которыми, судя по

историческим документам и литературным источникам, являлись представители финно-угорских племен легендарной «чуди заволочской». Название местности, а в последствие и возникших здесь поселений, как «Шожма», вполне может быть производным от сочетания слов слякотная (фин. sose ‘слякоть, месиво’) и земля (фин. таа ‘земля, край, сторона’) [3].

По сведениям из литературных и интернет-источников известно, что река Шожма протекает по территории Шалакушского сельского поселения Няндомского района Архангельской области, принадлежит к бассейну Белого моря, относится к Двинско-Печорскому бассейновому округу и расположена в границах бассейна реки. Исток реки Шожмы находится на северной оконечности озера Большое Шожм-озеро (Шожмозеро), которое расположено на расстоянии 3,5 км к югу от поселка Холмогеево, стоящего на Северной железной дороге, связывающей города Вологду и Архангельск, и на 1984 год значившегося в составе Шожемского сельсовета Няндомского района Архангельской области. Озеро также относится к Двинско-Печорскому бассейновому округу и к бассейну реки Онеги, имеет площадь 1,6 кв. км и водосборную площадь в 20 кв. км.

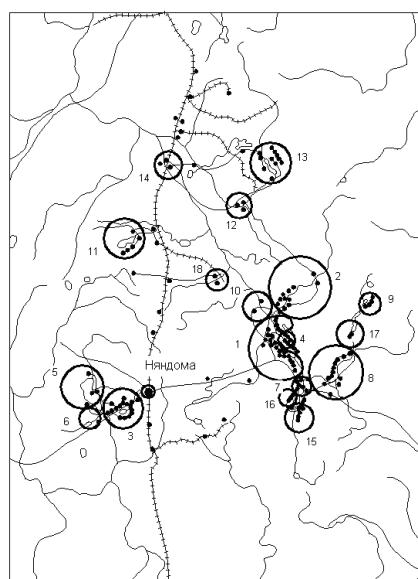


Рис. 1. Групповые системы населенных мест Архангельского Приморья: 1 - Мошинская (Мошенская), 2 - Лимская, 3 - Андреевская, 4 - Матзерская, 5 - Шултусская, 6 - Вадъезерско-Липовская, 7 - Воезерско-Спасская, 8 - Канакшанско-Охтомская, 9 - Шелупихо-Горская (Елгомская), 10 - Орымская, 11 - Лелемская, 12 - Веральская, 13 – Лепшинская (Лепшанская), 14 - Шалакушская, 15 - Мехренская, 16 - Васильево-Спасская, 17 - Канакшанско-Верховская, 18 - Шожемская (Шожемская).

Река Шожма достаточно полноводна, благодаря тринадцати ручьевым притокам, один из которых заслуживает особого внимания. Это ручей Великопашенный с истоком в районе среднего течения реки Кисиги, впадающий в реку Шожму по правому берегу с юга на расстоянии 7 км от ее устья. В этом месте река Шожма имеет крутую излучину и именно здесь согласно яндекс-карте 2023 года расположено урочище «Кондратовское», на месте которого долгое время и существовала Шожемская (Шежемская) групповая система населенных мест. Остается только предполагать, что первопоселенцами этого места были представители племен легендарной «чуди заволочской», позднее вытесненные или ассимилированные переселенцами из новгородских земель. Но документальных свидетельств, подтверждающих данную гипотезу, пока не обнаружено.

Как именовались эти деревни, остается пока загадкой. Да и погоста на реке Шожме в это время видимо еще не существовало. В противном случае о нем обязательно было бы замолвлено слово, как, в частности, о существовавших в это же время погостах в рядом расположенных волостях. Примерами могут служить «Волость на Моше озере в Никольском приходе» и «в тои ж волости на Моше озере на острове погост, а к погосту деревня церковная Николская» (ныне - Мошинская (Мошенская) ГСНМ), «Волость на Вое озере в Спасском приходе» и «в тои ж волости погост, а к погосту деревня Рыкуновская» (ныне - Воезерско-Спасская ГСНМ), «Вверх речки Воложки волостка Нимен//ская» и «в тои ж волостке погост, а у погоста пашни полчети обжи» (ныне - Шултусская ГСНМ) и «Волостка на Лепше озере в Йлинском приходе» и «в тои волости погост, а к погосту деревня Евсеевская» (ныне - Лепшинская (Лепшанская) ГСНМ) (рис. 1.1, 1.5, 1.7, 1.13) [12].

Вторым историческим источником является Переписная книга Каргопольского уезда 1648 года, выборочные сведения из которой представлены в «Приложении № 1» под названием «Погосты, станы и волости Поморского края в XVII в.» в книге историка М.М. Богословского «Земское самоуправление

на русском Севере в XVII в. Т.И. Областное деление Поморья. Землевладение и общественный строй. Органы самоуправления», опубликованной в 1909 году [1].

А третьим по счету текстовым историческим источником является «Книга переписная посадских людей Турчасовского посада, церковнослужителей, монахов, дворцовых и монастырских крестьян Устьмошского, Мошинского, Турчасовского станов Каргопольского уезда» 1712 года, хранящаяся в Российском Государственном архиве древних актов в фонде № 350 «Ландратские книги и ревизские сказки (коллекция)» (Оп. 1. Переписные книги населения городов и уездов. Ревизские сказки 1-3 ревизии) в деле № 168 под названием «Книга переписная посадских людей Турчасовского посада, церковнослужителей, монахов, дворцовых и монастырских крестьян Устьмошского, Мошенского, Мехренского, Турчасовского станов Каргопольского у. Перечневые выписки итогов переписи (лл. 885-887)». Согласно упомянутой переписной книге на период 1712 года в составе Мошенского стана Каргопольского уезда существовало пять волостей, одной из которых являлась Шежемская волость. По описанию, составленному А. И. Побежимовым, Шежемская волость, расположенная на реке Шожме – левом притоке реки Моши была самой отдаленной от Никольского прихода – центра Мошенского стана и «только к началу XVIII в.» в ней «появился погост, а в нем церковь и часовня Николая Чудотворца. Погост был расположен рядом с деревней Кондратовской. В деревне также находились поповский двор, дьячков двор, во дворе жил посвященный пономарь. Население поповского и причетнического дворов составляло 17 человек. Саму волость иногда называли Кондратовской, вероятно, по причине расположения здесь погоста. <...> Шежемская волость состояла из 2 деревень, 28 крестьянских и бобыльских дворов, из них 14 жилых и 14 пустых, избы бездворной пустой, пустого места. <...> Дворность деревень была высокой. В д. Кондратовской насчитывалось 16 дворов, в д. Демидовской – 14 дворов. В начале XVIII в в Шежемской волости числилось 184 человека обоего пола».

Следующий, четвертый по счету тестовый исторический источник, содержащий сведения о шожемских поселениях, относится уже к 1873 году. Но прежде, чем перейти к его рассмотрению, следует заметить, что его временной отрыв от «Переписной книги» 1712 года составляет более 160 лет.

Более результативной оказалась поисковая работа авторов статьи по выявлению сведений о культовых постройках Архангельского Примошья. И, в частности, авторам удалось натолкнуться на достаточно интересные материалы, представленные на Интернет-портале «Национальный архив Республики Карелия» (НА РК) и связанные с историей Олонецкой губернии конца XVIII – второй половины XIX веков. Ими оказались «Перечни (межфондовые указатели) ревизских сказок 4-10-й ревизий», подготовленные специалистами отдела «Научно-справочного аппарата» (НСА) Национального архива Республики Карелия (НА РК) Д.З. Генделевым, Н.Н. Власовой, Е.Ю. Матвеевой и М.Р. Каюмовой в 2008-2016 годах.

В свою очередь в качестве графической иллюстрации к промежутку времени с 1712 по 1873 годы могут быть приведены следующие атласно-картографические источники. В их числе, во-первых, «Атлас Российской империи: Собрание карт И.К. Кирилова» 1722-1737 годов (по другим источникам – 1722–1728 или 1722-1731 гг.), составленный известным русским ученым и государственным деятелем, географом, картографом, историком, статистиком и правоведом, выпускником Навигационной школы, копиистом, секретарем и обер-секретарем Сената И.К. Кириловым [13, 14]. В это время Каргопольский уезд значился в составе Белозерской провинции Новгородского наместничества, а из числа вошедших в это собрание девятнадцати карт особого внимания заслуживает «Ланкарта Каргопольского уезду присудственного Белозерской правинции лежащаго зсевере к Белому морю», которая была «счинена чрез геодезии подмастера Клешнина в 1728 году <...>, напечатана коштом сенатского Обер секретаря Ивана Кирилова. На этой карте на северном берегу реки, вытекающей из озера «Шожма» и впадающей в реку «Моша» изображено поселение под названием «Шожма» с условным обозначением

погоста, имевшего одну церковь (в отличие, к примеру, от рядом расположенных погостов «Моша» и «Лелма», имевших к этому времени, судя по условным обозначениям на карте, по две церкви) (рис. 2.1).

Во-вторых, это Атлас Российской империи 1745 года. В составлении этого атласа принимали участие выдающиеся ученые и исследователи, члены Академии наук Ж.Н. Делиль (Де-Лиль), Л. Эйлер, Х.Н. Винсгейм, Г. Гейнзиус и Г.Ф. Миллер (Мюллер), а напечатан он был по приказу директора Петербургской библиотеки Академии наук И.Д. Шумахера.

В это время Каргопольский уезд по-прежнему значился в составе Белозерской провинции Новгородского наместничества, а из числа вошедших в этот атлас карт особый интерес представляет карта под названием «Положение мест между Архангельском, Санкт-Петербургом и Вологдой» (лист № 2), на которой изображено поселение под названием «Шожма» (Szožma – на карте с латинской транскрипцией) с условным обозначением погоста (рис. 2.2, 2.3).

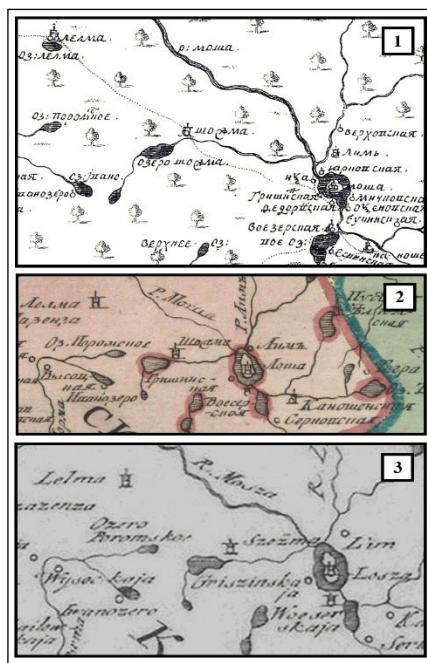


Рис. 2. Шожемская (Шежемская) групповая система населенных мест Архангельского Примошья: 1 – фрагмент «Ланкарты Каргопольского уезда» (1730 г.) из «Атласа Всероссийской империи: Собрание карт И.К. Кирилова» 1722-1737 годов; 2 – фрагмент карты «Положение мест между Архангельском, Санкт-Петербургом и Вологдой» (лист № 2) из Атласа Российской империи 1745 года; 3 - фрагмент «Карты Архангельской губернии с частями Петербургской и Вологодской губерний» («Territorium Archangelopolin inter Petroburgum et Vologdam») 1745 года.

В-третьих, это карта «Генерального плана Каргапольского уезда», датируемая 1780-1790 годами и созданная в период проведения работ по генеральному межеванию земель Российской империи в 1765-1836 годах. Она не топографическая (на ней не указаны широты и долготы) и нарисована от руки в масштабе «къ плану въ аглинскомъ дюимъ 2 вЪрсты» (или в 1 см 840 м – авторы) с изображением Каргопольского уезда по фрагментам, представленным на пятнадцати листах (рис. 3).

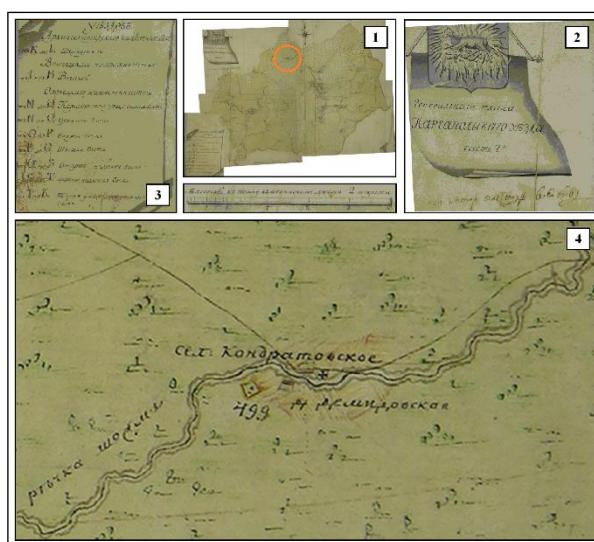


Рис. 3. Шожемская (Шежемская) групповая система населенных мест Архангельского Примошья: 1 – карта «Генерального плана Каргапольского уезда часть 7-я» (с масштабной линейкой) 1780-1790 годов; 2 - картуш карты с подписью «секундъ маюра Александра Воейкова»; 3- «Описание смежных уездов»; 4- фрагмент 7-й части карты с изображением поселений Шожемской (Шежемской) ГСНМ.

При этом, обращая внимание на представленное на каждом фрагменте этой карты «Описание смежных уездов», в котором отмечены пограничные с Каргопольским уездом Шенкурский уезд Архангелогородского и Вельский уезд Вологодского наместничества, можно сделать уточнение в датировке этой карты, ограничивая ее временем не ранее 1784 года, когда Каргопольский уезд был передан в состав вновь образованного Олонецкого наместничества, и не позднее 1796 года, когда он вошел в состав Новгородской губернии. А в связи с тематикой данной статьи особого внимания заслуживает «7-я часть» этой карты, на которой относительно «хорошо» читается русло «рѣчки Шожмы», в крутой

излучине которой на левом северном берегу расположено «сел[о]: Кондратовское», на восточной окраине которого отмечен погост с условным обозначением креста, а на правом южном берегу - «д[еревня]. Демидовская» (рис. 3).

В-четвертых, это Российский атлас, из сорока четырех карт состоящий и на сорок два наместничества империю разделяющий, изданный в 1792 году и дополненный в 1793-1795 годах. А из состава содержащихся в этом атласе карт особого внимания заслуживает «Карта Олонецкого наместничества» ([Карта] № 9), «сочинителем» которой, как и атласа в целом, был знаменитый российский математик и астроном, географ-картограф Географического отдела Кабинета Её Императорского Величества, учреждённого в царствование Екатерины Великой, преподаватель высшей математики Горного кадетского корпуса и член-корреспондент Императорской Санкт-Петербургской Академии наук А. М. Вильбрехт, а «резчиком по меди» значился гравер К. Ушаков [4; 5; 6; 7]. На этой карте в бассейне реки Моши изображена впадающая в нее с запада «Р[ека]. Шозма», на северном берегу которой отмечено поселение «Кондратовское» с условным обозначением погоста, а на противоположном южном берегу – поселение «Демидовская» (рис. 4.1).

В-пятых, это «Атлас Российской империи, изданной для употребления юношества» в Географическом департаменте Кабинета Ее Императорского Величества в Санкт-Петербурге в 1794 году и предназначенный для учебных целей. Атлас был составлен уже упоминавшимся ранее картографом А. М. Вильбрехтом при участии в работе гравера А. Д. Савинкова и представлял собой уменьшенную копию большого справочного атласа 1792 года, а в 1802 году этот атлас с исправлениями и дополнениями был переиздан «при Собственном его императорского величества депо карт» в Санкт-Петербурге. Из состава этого атласа заслуживает внимания «Карта Архангельского Олонецкаго и Вологодскаго Наместничествъ» (лист № 4 с изображением поселения под названием «Кондратовское» с условным обозначением погоста, на котором по

сведениям из «ревизских сказок 5-й ревизии» 1795 года существовала «церковь св[ятителя]. Чудотворца Николая» (рис. 4.2).



Рисунок 4. Шожемская (Шежемская) групповая система населенных мест Архангельского Примошья: 1 – фрагмент «Карты Олонецкого наместничества» (№ 9) из «Атласа Российской Империи 1792 года, 2 – фрагмент «Карты Архангельского, Олонецкого и Вологодского Наместничеств» ([лист] № 4) из «Атласа Российской империи, изданного для употребления юношества» в 1794 году; 3 – фрагмент «Карты Олонецкого наместничества, разделенной на 8 уездов» из «Атласа Российской империи» 1796 года; 4 – фрагмент «Карты Новгородской губернии из 11 уездов» из Атласа Российской Империи 1800 года.

В-шестых, это «Атлас Российской империи, состоящий из 52 карт, изданный во граде святого Петра в лето 1796-е, а царствования Екатерины II XXXV-е» (переиздание «Атласа Российской империи, состоящего из 46 карт...» [СПб., 1793–1795]). И, в частности, входящая в состав этого атласа «Карта Олонецкаго Намѣстничества. Раздѣленная на 8. Уѣздовъ» ([карта] № 10), на которой к северо-западу от «Оз[ера]. Моше» отмечено поселение «Кондратовское» с условным обозначением погоста (рис. 4.3).

В-седьмых, это «Российский атлас из сорока трех карт состоящий и на сорок одну губернию Империю разделяющий», подготовленный и изданный в Географическом отделе (департаменте) Кабинета Ее Императорского Величества в Санкт-Петербурге в 1800-м году, и автором которого был уже упоминавшийся ранее А.М. Вильбрехт [2; 4]. В это время Каргопольский уезд входил в состав Новгородской губернии Российской империи и оказался изображенным на «Карте Новгородской губернии из 11 уездов [состоящей]», «сочинителем» которой был указан сам автор этого атласа и на которой в низовьях реки Шожмы на ее левом северном берегу отмечено поселение под названием «Шежемское» с условным обозначением погоста, а на противоположном правом берегу – поселение под названием «Демидова» (рис. 4.4). Представляет интерес и другая карта из этого атласа под названием «Карта Вологодской губернии из 10 уездов», на которой в границах смежной Новгородской губернии также отмечено поселение «Шежемское» с условным обозначением погоста, но уже в единственном числе без соседства деревни Демидовской (рис. 5.1).

В-восьмых, это «Дорожная карта Российской Империи со всеми почтовыми и проселочными проезжими дорогами, способными для кратчайшего проезда вообще всякому, а также нужными для провозу товаров, торгующему купечеству и прочим промышленникам. Сочинена в 1809 году» и выполнена в масштабе 20 верст в дюйме (1:840,000 или 8,4 км в 1 см). Имен создателей этой карты по литературным и интернет-источникам установить не удалось, но сама карта представляет интерес тем, что на ней в границах Олонецкой губернии на расстоянии около 100 верст к северо-западу от города Каргополя отмечено «[село] Шеменское» с условным обозначением погоста (рис. 5.2). А по сведениям на 1811 год из «ревизских сказок 6-ой ревизии» известно, что в это время в составе Шежемского прихода Мошинской вотчины Каргопольского уезда Олонецкой губернии состояли два поселения: «Кондратовская» и «Демидовская», и что в этом приходе существовала «церковь св[ятителя] Николая Чудотворца».

В-девятых, это «Подробная карта Российской империи и близлежащих заграничных владений. Сочинена, гравирована и печатана при собственном Его Императорского Величества Депо карт» / Его Величеству Государю Императору Александру Павловичу. Всеподданнейше подносит Генерал Квартирмейстер фон Сухтелен, Генерал Майор Опперман», которая была составлена в 1801-1804 годах.

В-десятых, это «Карта Олонецкой губернии» из «Памятной книжки Олонецкой губернии на 1858 год», подготовленной в редакции Олонецких губернских ведомостей и опубликованной в Санкт-Петербурге в типографии Э. Треймана. К сожалению, об авторах этой карты никаких сведений найти также не удалось, но зато известно, что выполнена она в масштабе 1:3276000 или 78 верст в 1 дюйме и на ней в ореоле Мошинского, Лимского и Лелемского погостов изображено поселение под названием «П. Шожимской» (рис. 5.4).

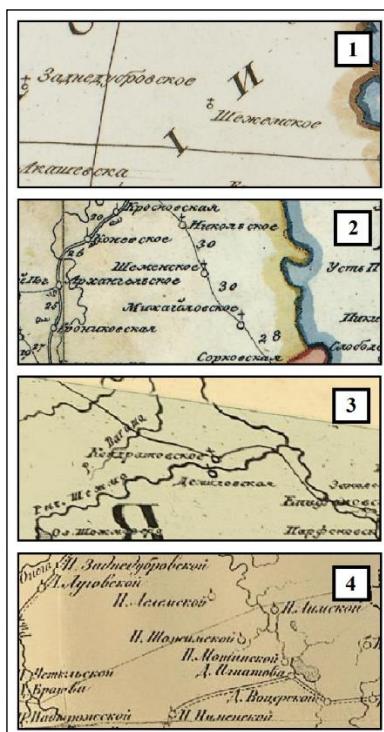


Рисунок 5. Шожемская (Шежемская) групповая система населенных мест Архангельского Примошья: 1 – фрагмент «Карты Вологодской губернии из 10 уездов» из Атласа Российской Империи 1800 года; 2 – фрагмент «Дорожной карты Российской Империи» 1809 года; 3 – фрагмент «Подробной карты Российской империи и близлежащих заграничных владений» 1816 года; 4 – фрагмент «Карты Олонецкой губернии» из «Памятной книжки Олонецкой губернии на 1858 год».

Характеризуя объемно-планировочную структуру Шожемской (Шежемской) групповой системы, можно сказать, что по этому признаку она может быть отнесена к поселенческим кластерам, имеющим разобщенные («Т1») иерархически соподчиненные («Т1/2») в одном уровне («Т1/2(1)») структурные части. В тоже время по форме пятна застройки Шожемская (Шежемская) ГСНМ при наличии в ней всего лишь двух структурных элементов относится к подтипу линейных поселенческих кластеров («ПТ1»), а по композиционным особенностям внутренней планировочной организации входит в массив поселенческих кластеров смешанного вида («В4»), обладающих комбинированной системой из естественных («В2/1» - река Шожма с ручьем Великопашенным) и искусственных («В3/1» - гужевая транзитная дорога Орьма - Шалакуша) структурообразующих элементов, по отношению к которым форма пятна межпоселенческой застройки имеет полное композиционное соподчинение («В4:[В2/1+В3/1](1)»).

Наконец, по характеру акцентировки пятна застройки Шожемская (Шежемская) групповая система является наглядным примером периферийно-акцентированных поселенческих кластеров («ПВ2») с архитектурным акцентом в виде Николаевской церкви с часовней в селе Кондратовское (в деревне Кондратовская, Большая сторона, Шежемский погост) по сведениям на 1873 год и, возможно, сменившей ее церковью Иоанна Предтечи на период начала XX века, расположенным на границе пятна групповой системы («ПВ2/3») и одновременно на осях структурообразующих элементов (с взаимным усилением композиционных качеств обоих) («ПВ2/3(1)(01.1)(02.2->02.1)(03.2)») [15]. А по взаимосвязи групповой системы с окружающим ее природным ландшафтом, учитывая наличие крутой излучины реки Шожмы и впадающего в нее с юга ручья Великопашенного, относится к поселенческим кластерам, межпоселенческая ткань которых активно использует природный ландшафт с усилением его композиционных качеств («Р1»).

Особенности архитектурно-планировочного решения

Композиционно-планировочным центром куста шожемских деревень в это

время являлось село «Кондратовское (Большая сторона, Шежемский погост)», расположенное «при р. Шежме» и отстоящее от уездного города Каргополя в 150 верстах и от становой квартиры, которая в это время размещалась в деревне Андреевской при озере Андреевском (ныне деревня Андреевская на северном берегу озера Боровское в составе Андреевской ГСНМ), в 80 верстах (рис. 1.3). В селе «Кондратовское» в это время насчитывалось 53 крестьянских двора, в которых проживало 324 человека, существовали православные церковь и часовня, а также имелись мельница и кузница. Вторым структурным элементом Шожемской (Шежемской) ГСНМ в это время являлась деревня «Демидовская (Малая сторона)» «при р. Шежме» и в ней к этому моменту времени насчитывалось 34 крестьянских двора, в которых проживали 112 мужчин и 120 женщин, а еще имелось две мельницы. В итоге средняя дворность Шожемской (Шежемской) ГСНМ на период 1873 года составляла 43,5 двора и в каждом дворе в среднем проживало 6,39 человек.

А в качестве графической иллюстрации к приведенному выше описанию может служить фрагмент листа с номером 69 «Специальной карты Европейской России», подготовленной на 178 листах размером 715x580 мм военно-топографическим отделом Генерального штаба под редакцией сначала капитана, а позднее полковника И.А. Стрельбицкого в 1865-1871 годах, изданной в Санкт-Петербурге в Литографии Картографического заведения Военно-Топографического Отдела в 1872 году и затем переиздававшейся в 1907, 1917, 1918, 1919 и 1926 годах. На этой карте, выполненной в масштабе 10 русских верст в английском дюйме (1:420000 или в 1 см 4,2 км), нашли отражение озеро «Шожмозеро» и вытекающая из него река «Шежма», в верховьях проименованная как «Шажма», а также два шожемских поселения – деревня «Кондратовская» с церковью и деревня «Демидовская 2-я» (рис. 6.1).

Итак, Шожемская (Шежемская) групповая система населенных мест, расположена на расстоянии 88 км к востоку от районного центра - города Няндомы и до 1984 года входила в состав Шожемского сельсовета с административным центром на железнодорожной станции Шожма. Шожемская

(Шежемская) ГСНМ размещается на левом (северном) и на правом (южном) берегах реки Шожмы (Шежмы, Шошмы Шозмы), в ее крутой излучине, расположенной на расстоянии 7 км от ее устья и у места впадения в нее с южной стороны по правому берегу ручья Великопашенный. До Шежемской (Шежемской) ГСНМ можно «добраться», двигаясь от железнодорожной станции Шожма на восток по тракторной дороге протяженностью около 17 км или от города Няндомы по лесовозным дорогам в сторону бывшего поселка Мирный» [1]. А в прошлом через Шежемскую (Шежемскую) ГСНМ проходила транзитная гужевая дорога, связывавшая Мошинскую (Мошенскую) и Орьмскую групповые системы населенности Лелемским и Шалакушским поселенческими кластерами, и о существовании которой в прошлом свидетельствуют карты 1730, 1780-1790, 1809, 1816-го, 1872, 1907, 1917, 1918, 1919, 1926, 1987, 2000 и 2001 годов (рис. 1.1, 1.10, 1.11, 1.14, 2.1, 3.4, 5.2, 5.3, 6.1, 8.1, 9, 10).

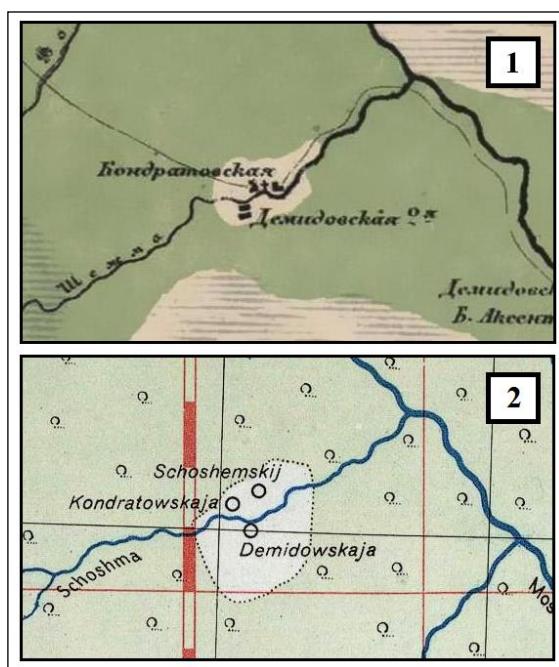


Рисунок 6. Шежемская (Шежемская) групповая система населенных мест Архангельского Приморья: 1 – фрагмент «Специальной Карты Европейской России» (лист № 69) И. А. Стрельбицкого 1872 года; 2 - фрагмент «Немецкой военной карты времен Великой Отечественной Войны. Север» 1930-1941 годов.

На период полевых работ историко-архитектурной экспедиции ПетрГУ 1991 года Шежемская (Шежемская) ГСНМ состояла из двух поселений, объединенных под общим названием «деревня Кондратовская», хотя также, но

уже под общим названием «Шожма (Szožma)», «Шежемское» и «Шеменское» она встречается уже на картах 1730, 1745, 1800 и 1809 годов. А официальное объединение поселений произошло, предположительно, в начале 1970-х годов. Потом с 1984 года это, объединенное под одним общим названием, поселение значилось уже «нежилым», а к 2014 году оно перешло в разряд «урочищ». Ранее в состав Шожемской (Шежемской) групповой системы населенных мест входили село Кондратовское (Большая сторона, Шежемский погост), расположеннное на левом (северном) берегу реки Шожмы и образовавшееся в результате слияния деревень Шежемский погост (Шежемский погост, П. Шожимской, Schoshemski) (упоминается в качестве отдельного поселения в 1858, 1892, 1922 и 1930-1941 годах) (1) и Кондратовская (Кондратовское, Большая сторона, Kondratowskaya) (2), а на противоположном правом (южном) берегу реки находилась деревня Демидовская (Демидовское, Демидова 2-я, Демидовская 2-я, Демидовская Вторая, Малая сторона, Demidowskaya) (3) (рис. 10).

По характеру трудовой деятельности населения Шожемская (Шежемская) ГСНМ относится к классу сельских групповых систем («К1»), а по своим физическим размерам - к варианту малых ГСНМ («К1/1») с числом поселений менее трех («К1/1(1)(01.2)»). С точки зрения социально-экономических и эволюционно-генетических закономерностей возникновения ее можно отнести к подклассу поселенческих кластеров, сформировавшихся путем отпочкования новых населенных пунктов от старого селения-ядра («ПК1») в процессе сегментации крестьянских общин («ПК1/1»), хотя этот момент явно требует дополнительного изучения исторических источников.

В заключение можно сказать, что вслед за Шожемским (Шежемским) поселенческим кластером авторами планируется знакомство с находящейся в 25 км к северо-западу от него Лелемской групповой системой населенных мест, расположенной по берегам озера Ильинское и состоящей из существовавшего в прошлом Лелемского погоста (Лелма, Леломское, П. Лелемской) Лелемского прихода Олонецкой епархии с церковью Святого пророка Ильи (Ильи Пророка,

Лелемской церковью Покрова Божией Матери, Лелемской Покровской церковью, церковью Покрова Пресвятой Богородицы, Покровской церковью Лелемского прихода с престолами Покрова Пресвятой Богородицы, Илии Пророка, «Всех скорбящих Радость» иконы Божией Матери), построенной в 1798 году и разобранной в 1970-1974 годах, и деревень Кондратовская (Клетна, Клетная, Алексеевская), Демьяновская (Демьяновское, Емельяновская, Таборы, Табарская, Отабарская, Семеновка, Семеновская, Матвеевская, село Семеновское), Федотовская (Федовская, Олехова, Олеховская), Федьковская (Фетковска, Фетьковская, Турово, Турова, Туровская), Еремеевская (Еремеевская, Заозерье, Заозерская, Заозерная) и Митинская (утрачена) (рис. 1.11, 13, 14).



Рисунок 13. Лелемская групповая система населенных мест Архангельского Примошья: 1 – фрагмент карты «Генерального плана Каргапольского уезда. Часть 13-я» 1780-1790 годов; 2 - фрагмент «Подробной карты Российской империи и близлежащих заграничных владений» 1816 года; 3 – фрагмент «Специальной карты Западной части России Шуберта» 1826-1840 годов (1832 г.); 4 – фрагмент «Специальной Карты Европейской России» (лист № 69) И.А. Стрельбицкого 1872 года.

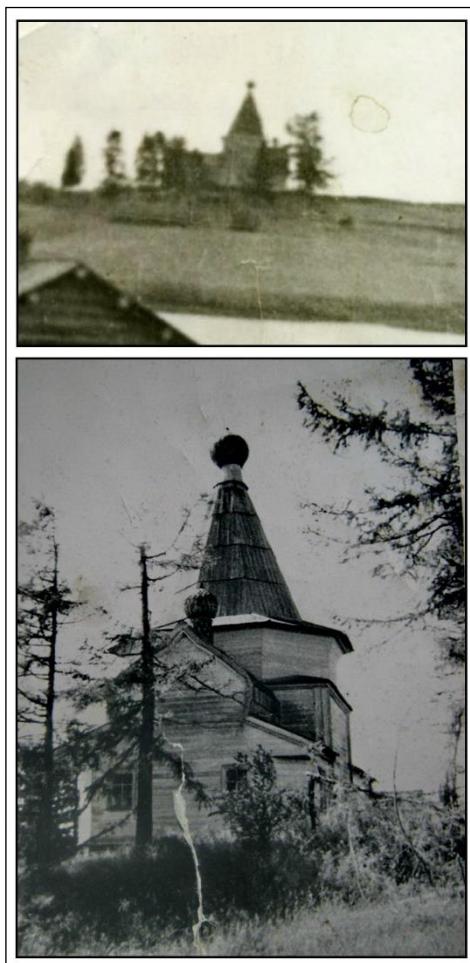


Рисунок 14. Архангельская область, Демьяновская (Лельма, Семёновская, Лелемской погост). Церковь Покрова Пресвятой Богородицы: 1 - архивная фотография (добавил П. Иевлев, дата съемки неизвестна); 2 - фото из архива семьи Поковба (добавил П. Иевлев, снято: 01.01.1900 - 01.01.1974).

Список использованных источников

1. Богословский М.М. Земское самоуправление на русском Севере в XVII в. Т.И. Областное деление Поморья. Землевладение и общественный строй. Органы самоуправления. - М.: Имп. Общ-во истории и древностей Российских при Московском университете, 1909. - VIII, 322, 105 с., [1] л. карт.
2. Булатов В.Э. Российский атлас из сорока трех карт состоящий и на сорок одну губернию Империю разделяющий (1800 года). Научный аппарат. М.: ООО «Фирма АКТЕОН», 2008.— 108 с., ил.; 32 × 23 см.
3. Вахрос И., Щербаков А. Большой финско-русский словарь / Под ред. В. Олдыкайнен и И. Сало. – 7-е изд., стер. – М.: Живой язык, 2007. – 816 с.

4. Вильбрехт, Александр Михайлович – «Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вильбрехт,_Александр_Михайлович
5. Вильбрехт, Александр Михайлович – «История геодезии». URL: <http://istgeodez.com/vilbreht-aleksandr-mihaylo-vich/>
6. Вильбрехт Александр Михайлович - «Российская Академия Наук». URL: https://www.ras.ru/win/db/show_per.asp?P=.id-49884.ln-ru.dl-.pr-inf.uk-11
7. Вильбрехт А.М. - «Музей «Собрание»». URL: <https://mus-col.com/the-authors/19955/>
8. Медведев П.П., Козлова Т.Д. Историко-архитектурное наследие Примошья (к морфологии традиционных архитектурно-пространственных систем и объектов Российского Севера) // Труды Петрозаводского государственного университета. Межвуз. сб. Серия «Строительство». Вып.6. «Новые технологии в строительстве». - Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1999. - С. 24-28.
9. Медведев П.П., Никонова Ю.В. Архитектура российского севера. Мошинско-Матьзерское порубежье // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (05-07 октября 2020 г.). - Петрозаводск: Петропресс, 2020. - С. 92-101. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44272944> (дата обращения: 30.11.2021).
10. Медведев П.П., Никонова Ю.В. Архитектура Российского Севера. О Лимской волостке замолвите слово ... // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (02-08 декабря 2022 г.) / ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2022. - С. 39-45.
11. Медведев П.П., Никонова Ю.В. Архитектура Российского Севера. Продолжение повести о Лимской волостке // Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации: сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции (14-15 февраля 2023г.) / ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2023. – С. 82-91. URL: <https://wooden-house.petrsu.ru/doc/compilation.pdf>

12. Медведев П.П., Никонова Ю.В. К архитектурно-типологическому исследованию морфологии традиционных сельских поселений Архангельского Примошья (часть 1 – материалы и методы исследования) // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (04-08 октября 2021 г.) / ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2021. – С. 66-77.
13. Кирилов, Иван Кириллович – «Академик. Dic.academic.ru». URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1502390>
14. Кирилов, Иван Кириллович – Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Владимирский-Буданов,_Михаил_Флегонтович
15. Кондратовская (Шожма). Церковь Иоанна Предтечи – «Народный каталог православной архитектуры. Описания и фотографии православных церквей, храмов и монастырей». URL: <https://sobory.ru/article/?object=25614>
16. Кондратовская (Шожма). Церковь Иоанна Предтечи – «Народный каталог православной архитектуры. Описания и фотографии православных церквей, храмов и монастырей». URL: <https://sobory.ru/article/?object=25614>
17. Медведев П.П., Козлова Т.Д. Историко-архитектурное наследие Примошья (к морфологии традиционных архитектурно-пространственных систем и объектов Российского Севера) // Труды Петрозаводского государственного университета. Межвуз. сб. Серия «Строительство». Вып.6. «Новые технологии в строительстве». - Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1999. - С. 24-28.
18. Медведев П.П., Никонова Ю.В. Архитектура российского севера. Мошинско-Матьзерское порубежье // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (05-07 октября 2020 г.). - Петрозаводск: Петропресс, 2020. - С. 92-101. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44272944> (дата обращения: 30.11.2021).
19. Медведев П.П., Никонова Ю.В. Архитектура Российского Севера. О Лимской волостке замолвите слово ... // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии:

- сборник статей научно-практической конференции (02-08 декабря 2022 г.) / ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2022. - С. 39-45.
20. Медведев П.П., Никонова Ю.В. Архитектура Российского Севера. Продолжение повести о Лимской волостке // Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации: сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции (14-15 февраля 2023г.) / ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2023. – С. 82-91. URL: <https://wooden-house.petrsu.ru/doc/compilation.pdf>
21. Медведев П.П., Никонова Ю.В. К архитектурно-типологическому исследованию морфологии традиционных сельских поселений Архангельского Примошья (часть 1 – материалы и методы исследования) // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (04-08 октября 2021 г.) / ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2021. – С. 66-77.
-

P. P. Medvedev, Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

Yu. V. Nikonova, Ph.D., Associate Professor, Dept. TiOS, Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

ARCHITECTURE OF THE RUSSIAN NORTH. FROM THE LIMA PARISH TO THE SHOZHEMSKY CHURCHYARD

Abstract: The article is devoted to the study of the morphology of the Shozhemskaya (Shezhemskaya) group system of settlements on the territory of the Arkhangelsk Primoshye, one of the specific historical and architectural subregions of the Russian North, the survey of the monuments of folk architecture of which was carried out by the historical and architectural expeditions of Petrozavodsk University in 1989-1992.

Keywords: Architecture, Russian North, Shozhemskaya (Shezhemskaya) group system of settlements.

УДК 004.8

Черных В.В., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Балалаечников А.В., старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Аннотация: В статье рассматриваются возможности применения машинного обучения для прогнозирования успеваемости студентов в условиях современного образовательного пространства с постоянно растущими объемами данных. Анализируются ключевые аспекты оценки эффективности различных алгоритмов машинного обучения. Акцентируется внимание на важности адекватных метрик, строгой валидации моделей и учета этических соображений при внедрении технологий прогнозирования.

Ключевые слова: машинное обучение, алгоритм, прогнозирование успеваемости, регрессия, модель, категориальные признаки, обучающая выборка, тестовая выборка

В условиях современного образовательного пространства, характеризующегося экспоненциальным ростом объема данных, машинное обучение (МО) приобретает статус мощного инструмента для получения ценных аналитических выводов [1]. Одной из наиболее перспективных областей применения МО является прогнозирование успеваемости обучающихся [2]. Точное предсказание успешности студентов в обучении может помочь преподавателям и административному аппарату учебного заведения заранее выявлять потенциально отстающих, предлагать им необходимую поддержку и оптимизировать образовательные программы с целью повышения общего уровня успеваемости.

Тем не менее, эффективность различных методов машинного обучения в решении данной задачи может значительно варьироваться. В данной статье будут проанализированы ключевые аспекты оценки эффективности основных алгоритмов МО, применяемых для прогнозирования успеваемости студентов, а также рассмотрены распространенные метрики для их объективной оценки.

Рассмотрим основные алгоритмы для прогнозирования успеваемости студентов.

Линейная регрессия. Линейные регрессионные модели могут служить отправной точкой для прогнозирования числовых оценок (линейная регрессия) или вероятности успешного завершения курса (логистическая регрессия). Они хорошо работают при наличии линейных зависимостей между признаками и целевой переменной (рис. 1).

Такие модели могут учитывать успеваемость по предыдущим курсам, посещенные занятия и выполненные работы, что является достаточно простым, но эффективным способом прогнозирования, который помогает выявить студентов, у которых есть проблемы с обучением, до наступления экзаменационной сессии.

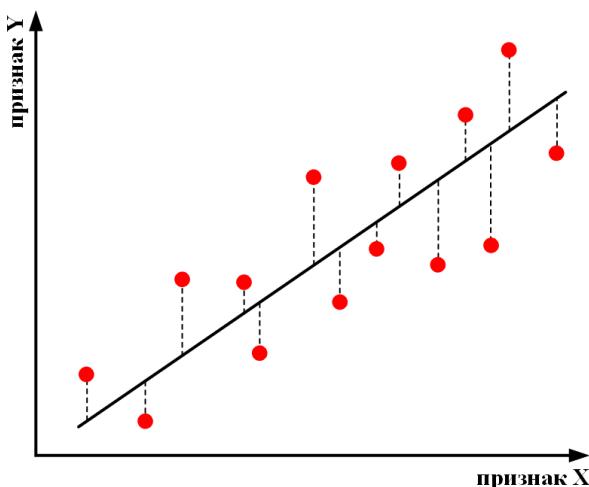


Рис.1. Графическое представление модели линейной регрессии

Для прогнозирования среднего балла студентов в третьем семестре ($\bar{B}_{3_{cp}}$) необходимо иметь данные об их успеваемости за два предыдущих семестра ($\bar{B}_{1_{cp}}$ за первый семестр и $\bar{B}_{2_{cp}}$ за второй семестр соответственно). Далее следуем по алгоритму.

- 1) Собрать данные об успеваемости студентов, включающие $\bar{B}_{1_{cp}}$, $\bar{B}_{2_{cp}}$ и фактический $\bar{B}_{3_{cp}}$ для каждого студента.
- 2) Подготовить данные для дальнейшего использования (например, очистить от ненужных пропусков) и при необходимости выполнить

масштабирование признаков. В нашем случае $B1_{cp}$ и $B2_{cp}$ – это независимые переменные (признаки), а $B3_{cp}$ – зависимая переменная (целевая переменная).

3) Применить алгоритм линейной регрессии для обучения модели на собранных данных. Модель будет стремиться найти линейную зависимость между $B1_{cp}$ и $B2_{cp}$ с одной стороны, и $B3_{cp}$ – с другой. Это можно выразить математически следующим образом:

$$B3_{cp} = \delta_0 + \delta_1 \cdot B1_{cp} + \delta_2 \cdot B2_{cp},$$

где $B3_{cp}$ – прогнозируемый средний балл за третий семестр;

$B1_{cp}$ – средний балл за первый семестр;

$B2_{cp}$ – средний балл за второй семестр;

δ_0 – свободный член;

δ_1 и δ_2 – коэффициенты регрессии, которые показывают, как изменение $B1_{cp}$ и $B2_{cp}$ влияют на $B3_{cp}$.

Алгоритм линейной регрессии подберёт оптимальные значения δ_0 , δ_1 и δ_2 , которые сведут к минимуму ошибку между предсказанными и фактическими значениями $B3_{cp}$ на обучающих данных.

4) После обучения модель необходимо оценить на независимом наборе данных (тестовой выборке) с использованием метрик регрессии, таких как средняя абсолютная ошибка (MAE), среднеквадратическая ошибка (MSE) или корень из среднеквадратической ошибки (RMSE). Это дает возможность оценить, насколько эффективно модель способна обобщать информацию на новые данные.

5) После того как модель продемонстрировала приемлемые результаты на тестовой выборке, её можно применять для прогнозирования $B3_{cp}$ для новых студентов, имея значения их $B1_{cp}$ и $B2_{cp}$.

Линейная регрессия может быть полезным инструментом для первоначального анализа и построения базовых моделей прогнозирования успеваемости благодаря своей простоте и интерпретируемости. Однако для достижения более высокой точности часто требуется применение более сложных

алгоритмов, способных улавливать нелинейные зависимости и взаимодействия между признаками.

Деревья решений и ансамблевые методы. Данные методы МО способны улавливать сложные нелинейные зависимости и взаимодействия между признаками. Ансамблевые методы (например, случайный лес, градиентный бустинг) часто демонстрируют высокую точность прогнозирования за счет объединения результатов работы множества деревьев (рис. 2).

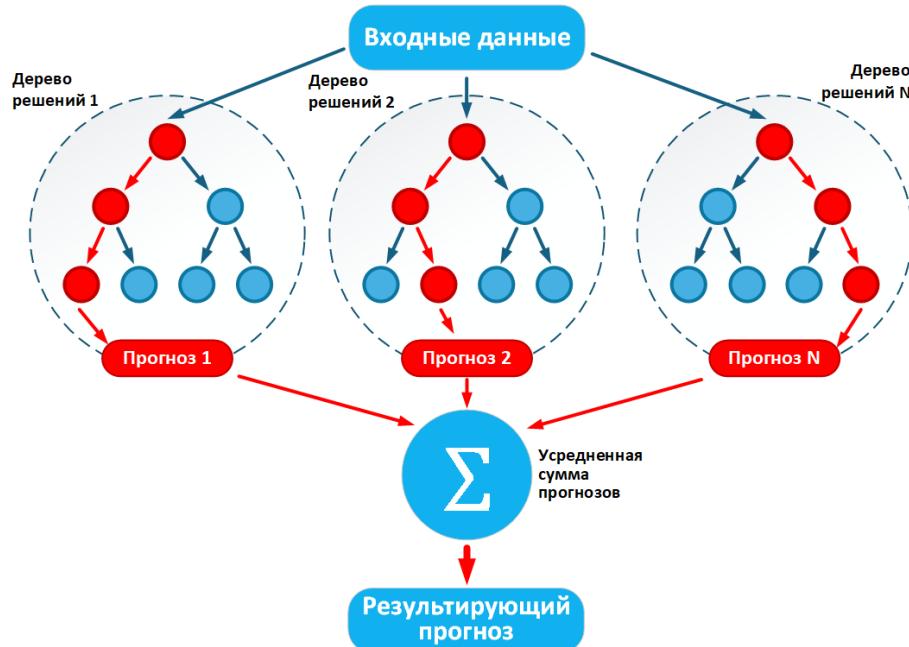


Рис. 2. Пример использования ансамблевого метода «Случайный лес»

Допустим, необходимо спрогнозировать, успешно ли студент сдаст экзамен по определенной дисциплине (прогнозирование «успешно» или «неуспешно»). Для этого имеем следующие данные о студентах:

- средний балл за предыдущие курсы ($\bar{B}_{\text{ср}}$);
- количество пропущенных занятий по дисциплине;
- результаты промежуточных контрольных работ (K_1, K_2);
- наличие/отсутствие дополнительной факультативной подготовки по дисциплине (бинарный признак).

Алгоритм предполагает выполнение следующих шагов.

1) Сбор и подготовка данных, которые включают все перечисленные признаки и результат экзамена («успешно» или «неуспешно»). Затем проводим

предварительную обработку данных (обработка пропусков, кодирование категориальных признаков, если они есть в большем количестве).

2) Обучение модели дерева решений на обучающей выборке. Алгоритм будет рекурсивно разбивать данные на подмножества на основе наиболее информативных признаков, стремясь создать однородные группы студентов с точки зрения результата экзамена.

3) Обучение ансамблевых моделей.

Случайный лес (Random Forest). Необходимо обучить множество независимых деревьев решений на случайных подмножествах данных и случайных подмножествах признаков. Для прогнозирования результата экзамена для нового студента каждое дерево выдает свой прогноз, и итоговый прогноз определяется путем голосования (для классификации) или усреднения (для регрессии, если нам необходимо спрогнозировать оценку).

Градиентный бустинг (Gradient Boosting). Необходимо последовательно обучить множество слабых моделей (обычно – деревьев решений), причем каждая последующая модель будет пытаться исправить ошибки, допущенные предыдущими моделями. Итоговый прогноз представляет собой усредненную сумму прогнозов всех моделей.

4) После обучения моделей необходимо оценить их производительность на независимой тестовой выборке с использованием метрик классификации, таких как точность (доля правильно классифицированных студентов), полнота (доля фактически успешных студентов, правильно предсказанных как успешные), точность (доля студентов, предсказанных как успешные, которые действительно являются успешными), F1-мера (гармоническое среднее полноты и точности) и AUC-ROC (оценивает способность модели различать классы на разных порогах классификации), а после – сравнить результаты различных моделей.

5) Выбрать лучшую модель на основе результатов оценки в целях ее дальнейшего использования для прогнозирования результата экзамена для новых студентов.

Деревья решений представляют собой интерпретируемый, но часто менее точный метод. Ансамблевые методы обычно обеспечивают более высокую точность прогнозирования успеваемости, но при этом теряют в интерпретируемости и могут быть более требовательны к вычислительным ресурсам и настройке.

Метод опорных векторов. Данный алгоритм машинного обучения используется как для задач классификации, так и для регрессии. Метод опорных векторов ищет гиперплоскость, которая максимально отделяет разные классы данных. Эта гиперплоскость определяется таким образом, чтобы максимизировать расстояние до ближайших точек данных, которые называются опорными векторами (рис. 3).

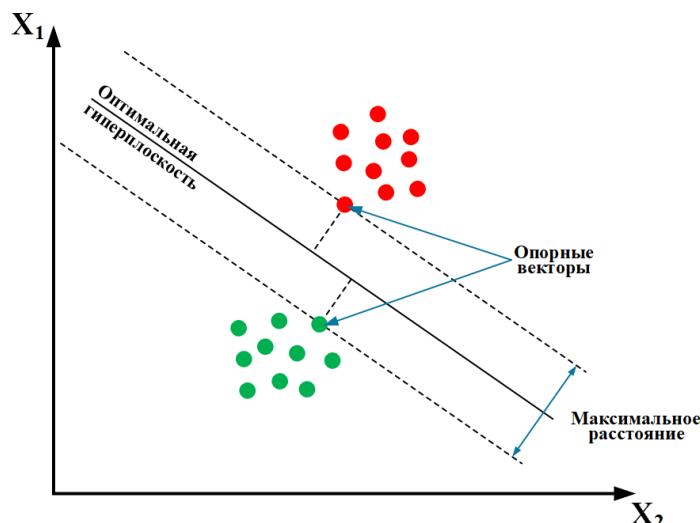


Рис. 3. Классификация при помощи метода опорных векторов

Предположим, что нам необходимо спрогнозировать итоговый балл студента по курсу «Объектно-ориентированное программирование» (числовое значение от 0 до 100). У нас имеются следующие данные о студентах:

- средний балл за курс «Технологии программирования» ($\bar{БТП}_{ср}$);
- время, затраченное на выполнение домашних заданий по курсу «Объектно-ориентированное программирование» в неделю ($t_{дз}$);
- результаты промежуточного контроля по курсу «Объектно-ориентированное программирование» в виде тестовых заданий (T_1, T_2).

Последовательность действий в данном случае следующая.

- 1) Сбор исторических данных, включающих перечисленные признаки и фактический итоговый балл по курсу «Объектно-ориентированному программированию».
- 2) Провести предварительную обработку данных. Для этого обработать пропущенные значения, если такие есть. Масштабировать числовые признаки, так как метод опорных векторов чувствителен к масштабу признаков. Кодировать категориальные признаки, если они присутствуют (в нашем примере все признаки числовые).
- 3) Метод опорных векторов использует ядро для преобразования исходных данных в более высокое измерение, чтобы сделать их линейно разделимыми, что значительно расширяет возможности алгоритма, позволяя ему эффективно работать со сложными данными. Поэтому на данном этапе нужно выбрать тип ядра: линейное, полиномиальное, Гауссово радикальное базисное, сигмоидное и т.д. Выбор ядра зависит от предполагаемого характера зависимости между признаками и итоговым баллом.
- 4) Обучение модели провести на обучающей выборке, используя выбранное ядро и настраивая гиперпараметры (например, параметр регуляризации C, параметры ядра).
- 5) Оценить производительность обученной модели на независимой тестовой выборке с применением метрик регрессии, таких как средняя абсолютная ошибка (MAE), среднеквадратическая ошибка (MSE) или корень из среднеквадратической ошибки (RMSE). Затем выполнить кросс-валидацию для оценки обобщающей способности.
- 6) После оценки и настройки модели, ее можно использовать для прогнозирования итогового балла по курсу «Объектно-ориентированное программирование» для новых студентов, основываясь на их значениях признаков ($\text{БТП}_{\text{ср}}$, $t_{\text{дз}}$, T1, T2).

Метод опорных векторов является мощным алгоритмом машинного обучения, который может быть эффективен для прогнозирования успеваемости студентов, особенно в задачах классификации с нелинейными зависимостями.

Однако его производительность сильно зависит от правильного выбора ядра и настройки гиперпараметров, а интерпретация модели может быть затруднительной. При работе с большими объемами данных могут возникнуть вычислительные сложности. Поэтому при выборе метода необходимо учитывать характеристики данных и требования к интерпретируемости модели.

Нейронные сети. Глубокие нейронные сети обладают высокой способностью к обучению сложным закономерностям в данных, особенно при обработке больших объемов информации. Структура нейронной сети состоит из нескольких ключевых компонентов, которые взаимодействуют между собой для выполнения задач, таких как классификация, регрессия, распознавание образов и другие. Основные элементы, из которых состоит нейронная сеть, представлены на рис. 4:

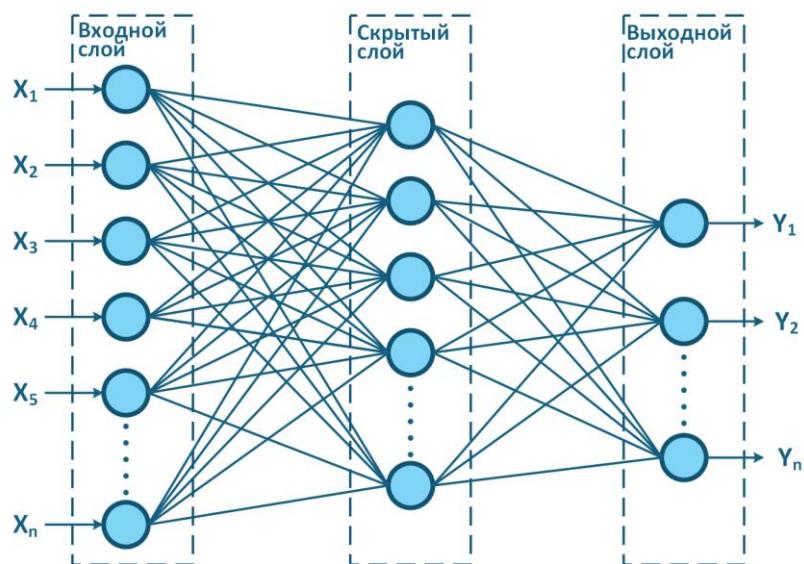


Рис. 4. Структура нейронной сети

Допустим, нам необходимо спрогнозировать итоговую оценку студента по курсу «Кроссплатформенное программирование» (числовое значение от 0 до 100). Мы располагаем следующими данными о студентах:

- результаты промежуточного контроля в виде тестирования (Тест_{ПК});
- количество часов, проведенных за самостоятельным изучением материала (t_c);
- средняя оценка за лабораторные работы (ЛР_{ср});
- активность на онлайн-платформе курса (АПл);

- средний балл за предыдущие курсы, связанные с программированием (БПр_{ср}).

Для того, чтобы спрогнозировать итоговую оценку, используя имеющиеся признаки, необходимо выполнить следующие шаги.

1) Собрать исторические данные, включающие все перечисленные признаки и фактический итоговый балл по «Кроссплатформенное программирование».

2) Провести предварительную обработку данных: обработать пропущенные значения, масштабировать числовые признаки (например, стандартизация или нормализация) для улучшения сходимости обучения нейронной сети, кодировать категориальные признаки, если они присутствуют (в нашем примере все признаки числовые).

3) Провести разделение данных на обучающую, валидационную (используется для настройки гиперпараметров сети и предотвращения переобучения) и тестовую выборки.

4) Определить архитектуру нейронной сети:

- количество входных нейронов должно соответствовать количеству признаков (в нашем случае 5);
- количество скрытых слоев и нейронов (гиперпараметр, который часто определяется экспериментально с использованием валидационной выборки (слишком мало слоев/нейронов может привести к недообучению, а слишком много – к переобучению);
- функции активации для нейронов скрытых слоев;
- количество выходных нейронов (в задаче регрессии с одной числовой целевой переменной (итоговый балл) обычно используется один выходной нейрон с линейной функцией активации).

5) Обучить нейронную сеть на обучающей выборке с использованием алгоритма обратного распространения ошибки и оптимизатора. В процессе обучения сеть корректирует веса связей между нейронами, чтобы минимизировать функцию потерь (например, среднеквадратическую ошибку - MSE) между

предсказанными и фактическими итоговыми баллами. Мониторинг производительности на валидационной выборке помогает вовремя остановить обучение для предотвращения переобучения.

6) Провести настройку гиперпараметров, используя валидационную выборку.

7) Оценить производительность лучшей модели на независимой тестовой выборке с использованием метрик регрессии (MAE, MSE, RMSE, R-squared).

8) Использовать обученную нейронную сеть для прогнозирования итогового балла по курсу «Кроссплатформенное программирование» для новых студентов на основе их значений входных признаков.

Нейронные сети являются мощным инструментом для прогнозирования успеваемости студентов, способным улавливать сложные закономерности в данных и достигать высокой точности. Однако их применение требует большого объема данных и значительных вычислительных ресурсов. Проблема интерпретируемости также является важным фактором, который следует учитывать при выборе этого алгоритма для образовательных задач.

В заключение хочется отметить, что оценка эффективности различных методов МО в прогнозировании успеваемости студентов показывает, что не существует универсально лучшего алгоритма. Производительность модели сильно зависит от конкретного набора данных, целей прогнозирования и выбранных метрик оценки.

Использование адекватных метрик, строгая валидация моделей и учет контекстуальных и этических соображений являются ключевыми элементами успешного внедрения систем прогнозирования успеваемости студентов. Дальнейшие исследования в этой области будут способствовать разработке более точных и надежных инструментов для поддержки учащихся и оптимизации образовательных траекторий, а также будет сосредоточены на интеграции образовательной аналитики с существующими информационными системами в учебных заведениях [3].

Список использованных источников

1. Вилкова К.А. Учебная аналитика в традиционном образовании: ее роль и результаты / К.А. Вилкова, У.С. Захарова // Университетское управление: практика и анализ. – 2020. – Т. 24. – № 3. – С. 59–76
2. Fernandes E. et al. Educational data mining: Predictive analysis of academic performance of public school students in the capital of Brazil // Journal of Business Research. 2019. No. 94. P. 335-343.
3. Царькова Е.Г. Учебная аналитика в дистанционном обучении: особенности применения и перспективы развития / Е.Г. Царькова // Прикладная психология и педагогика. – 2022. – Т. 7. – № 3. – С. 54–66.
4. Алпатов А.В. Применение машинного обучения для анализа образовательных результатов студентов вузов // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2023. № 4(32). С. 67-78.
5. Егорова Е.С., Попова Н.А. Data Mining в образовании: прогнозирование успеваемости учащихся // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2023. № 11(2). URL: <https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=1325> (дата обращения: 30.04.2025).

Chernykh V.V., Candidate of Technical Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Lugansk State University named after Vladimir Dahl"

Balalaechnikov A.V., Senior Lecturer, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Lugansk State University named after Vladimir Dahl"

EVALUATION THE EFFECTIVENESS OF VARIOUS MACHINE LEARNING METHODS IN PREDICTING STUDENT ACADEMIC PERFORMANCE

Abstract: The article examines the possibilities of using machine learning to predict student performance in the context of a modern educational environment with ever-growing volumes of data. Key aspects of evaluating the effectiveness of various machine learning algorithms are analyzed. Attention is focused on the importance of adequate metrics, strict validation of models, and consideration of ethical considerations when implementing forecasting technologies.

Keywords: machine learning, algorithm, performance forecasting, regression, model, categorical features, training set, test set

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ФИНАНСЫ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

УДК 338.22.021.4

Велигуря А.В., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

Аннотация: В статье разработана математическая модель функционирования социо-эколого-экономической системы региона в контексте экономики замкнутого цикла. Модель учитывает взаимодействие семи ключевых отраслей экономики Луганской Народной Республики — угольной, металлургической, машиностроительной, химической, сельского хозяйства, переработки отходов и энергетики — и их влияние на социальные и экологические параметры. Основу модели составляют системы уравнений, описывающих потоки ресурсов и отходов, экологические воздействия и социальный вклад отраслей. Представлены параметры отраслей и предложен интегральный показатель эффективности функционирования региона. Работа закладывает основу для компьютерной реализации модели и проведения сценарного анализа устойчивого развития региона на принципах экономики замкнутого цикла.

Ключевые слова: экономика замкнутого цикла; социо-эколого-экономическая система; цифровизация; математическое моделирование; устойчивое развитие; регион.

В условиях стремительного развития цифровых технологий и возрастания вызовов устойчивого развития все большую актуальность приобретает переход к экономике замкнутого цикла. Традиционные модели экономического роста, основанные на чрезмерном использовании природных ресурсов, оказываются несостоятельными в современных реалиях, что требует переосмыслиния принципов функционирования региональных социо-эколого-экономических систем (СЭЭС). Важность внедрения принципов экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ) на региональном уровне подчеркивается в работах российских исследователей, акцентирующих внимание на необходимости цифровизации процессов ресурсосбережения и переработки отходов [3, с.394].

Реализация концепции ЭЗЦ требует разработки комплексных моделей, способных учитывать социальные, экологические и экономические аспекты развития территорий. Исследования в этой области подтверждают важность построения системных информационных моделей регионов для обеспечения эффективного управления ресурсными потоками и прогнозирования сценариев развития [5, с.147]. Одним из направлений научного поиска является разработка методов оценки и прогнозирования уровня социально-экономического развития, с учетом динамики циркулярных процессов и устойчивости территориальных систем [4, с.50].

Особое значение в современных условиях приобретает моделирование сложных социально-экономических систем с использованием методов математического анализа и компьютерного моделирования. Работы отечественных ученых подчеркивают важность создания моделей, способных оценивать устойчивость и адаптивность регионов к изменениям внешней среды [6, с.428]. Кроме того, возникает необходимость интеграции методов оценки социально-экономических рисков в моделях функционирования территориальных систем [7, с.151], что особенно актуально в условиях нестабильности и неопределенности.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена потребностью в создании математической модели функционирования СЭЭС региона, реализующей принципы ЭЗЦ и учитывающей современные вызовы цифровизации.

Цель исследования заключается в разработке математической модели функционирования региона в условиях ЭЗЦ, с последующей возможностью её компьютерной реализации.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: провести анализ существующих подходов к моделированию СЭЭС; определить структуру модели и описать основные взаимосвязи между ее элементами; разработать математический аппарат, описывающий динамику ресурсов в условиях ЭЗЦ.

Переход к ЭЗЦ становится не просто одним из трендов устойчивого развития, а объективной необходимостью для решения комплекса социально-эколого-

экономических проблем на региональном уровне. Усиление антропогенной нагрузки на природную среду, снижение доступности невозобновляемых ресурсов, рост объемов отходов, социальная нестабильность и экономические вызовы требуют переосмыслиния существующих моделей функционирования территориальных систем.

На фоне глобальных процессов цифровизации возникает возможность создания интеллектуальных систем управления ресурсными потоками, что позволяет оптимизировать процессы производства, потребления и утилизации, снижать нагрузку на окружающую среду и одновременно повышать качество жизни населения. Как отмечено в современных исследованиях, цифровые технологии являются неотъемлемым инструментом реализации принципов ЭЗЦ на региональном уровне [3, с.394], [5, с.146].

Актуальность разработки математических моделей функционирования регионов, реализующих принципы замкнутого цикла, также обусловлена необходимостью комплексного учета взаимодействия социальных, экономических и экологических факторов развития [4, с.48], [6, с.427]. Кроме того, современные модели должны учитывать социально-экономические риски [7, с.151] и быть адаптивными к быстро меняющимся условиям внешней среды. Отсутствие таких моделей ограничивает возможности эффективного планирования и прогнозирования устойчивого развития территорий.

В этой связи формирование нового подхода к математическому и компьютерному моделированию СЭЭС региона приобретает особую значимость, обеспечивая основу для научно обоснованного управления в условиях цифровизации и экологических вызовов.

В последние годы вопросы моделирования СЭЭС регионов, особенно в контексте реализации принципов ЭЗЦ, приобрели особую актуальность. Одним из первых международных исследований в этой области стал доклад Фонда Эллен МакАртур [1, с.16], в котором изложены основы перехода к ЭЗЦ и возможности масштабирования соответствующих решений в глобальных цепочках поставок. Существенное развитие концепция получила в научной работе Geissdoerfer и

соавторов [2, с.760], где ЭЗЦ рассматривается как новая парадигма устойчивого развития.

В российской научной литературе в работе [3, с.394] автор предложил цифровые решения для поддержки ЭЗЦ на региональном уровне, акцентируя внимание на необходимости интеграции информационных технологий в управление природопользованием и экономикой. В исследовании [4, с.48] предлагается комплекс моделей для оценки и прогнозирования социально-экономического развития субъектов на уровне региона, что является важной предпосылкой для построения целостной модели устойчивого развития. В работе [5, с.146] была предложена информационная модель региона, учитывающая взаимодействие социальных, экономических и экологических подсистем, что соответствует современным требованиям к интеграции данных и системному анализу.

Особую роль в обосновании методов анализа сложных социально-экономических систем сыграли исследования Рамазанова С.К., Истомина Л.Ф. и Чмелева В.В. [6, с.427]. Авторы предложили оригинальные модели оценки устойчивости и рисков, которые могут быть адаптированы для целей ЭЗЦ. В свою очередь, Резник А.А. и Рязанцева Н.А. [7, с.151] разработали методику оценки социально-экономических рисков в регионах с применением математико-статистических методов, что также актуально для задач прогнозирования развития территорий в рамках устойчивой экономики.

Таким образом, анализ существующих публикаций показывает, что в настоящее время имеются как теоретические разработки, так и практические методики построения моделей функционирования регионов в условиях цифровизации и перехода к ЭЗЦ. Это определяет высокую актуальность разработки комплексной математической модели, учитывающей социальные, экономические и экологические аспекты в единой системе.

Для проведения комплексного анализа Луганской Народной Республики (ЛНР) как СЭЭС в контексте концепции ЭЗЦ, важно рассмотреть не только структуру самой экономики, но и взаимосвязи между ключевыми отраслями, а также их взаимодействие с социальными и экологическими блоками.

Экономика ЛНР формируется за счёт устойчивого функционирования ключевых отраслей, взаимосвязанных через потоки ресурсов, энергии, продукции и отходов. В условиях перехода к ЭЗЦ особую роль играют отрасли, способные обеспечить ресурсосбережение, переработку и минимизацию воздействия на окружающую среду. В рамках предлагаемой модели в качестве основных отраслей экономики региона выделяются:

Угольная промышленность – базовая для региона, обеспечивает топливно-энергетическую независимость и служит основой для энергетики и металлургии.

Металлургия – трансформирует минеральные ресурсы в металлы, используется в машиностроении и строительстве.

Машиностроение – производит оборудование для энергетики, сельского хозяйства и переработки отходов.

Химическая промышленность – производит удобрения, полимеры и реагенты, поддерживает агросектор и переработку.

Сельское хозяйство – обеспечивает продовольственную безопасность, поставляет биомассу и отходы на переработку.

Переработка отходов – важный элемент цикла замкнутого потребления, формирует вторичные ресурсы для других отраслей.

Энергетика – преобразует ископаемые и альтернативные источники энергии в электро- и теплоэнергию для остальных отраслей и населения.

Каждая отрасль связана как с другими секторами экономики, так и с социальной и экологической подсистемами. Взаимодействие происходит через потребление рабочей силы, энергии, сырья, а также через воздействие на экологические параметры – выбросы, отходы и потребление ресурсов.

Взаимосвязи между отраслевыми блоками региона, а также их связь с социальным и экологическим блоками, играют ключевую роль в реализации принципов экономики замкнутого цикла. Например, энергия, вырабатываемая в энергетическом секторе, поддерживает работу всех других отраслей, включая производство в обрабатывающей промышленности и

сельском хозяйстве. В свою очередь, отходы этих отраслей могут быть переработаны в качестве ресурсов для других производств. Так, отходы сельского хозяйства, такие как органические отходы, могут быть использованы в энергетике для производства биогаза.

Кроме того, важно отметить, что каждая из отраслей оказывает влияние на социальный блок, предоставляя рабочие места, обеспечивая население товарами и услугами, а также влияя на качество жизни населения. Например, развитие строительного сектора влияет на жилищные условия, а энергетическая отрасль обеспечивает стабильное энергоснабжение.

Каждая отрасль имеет определённые входы (ресурсы) и выходы (продукция или отходы). В рамках ЭЗЦ важно минимизировать количество отходов и обеспечивать их переработку. В таблице 1 представлены ключевые входы и выходы для каждой отрасли экономики Луганской Народной Республики.

Таблица 1 - Взаимосвязи для подсистем экономики замкнутого цикла

Отрасль	Отходы/Выходы	Используется как сырье в
Угольная	Зола, CO ₂ , шлак	Энергетика (топливо), Переработка
Металлургия	Шлак, металл. отходы	Машиностроение, Переработка
Машиностроение	Металлом, пром. вода	Переработка
Химическая	Побочные реагенты, CO ₂	С/х (удобрения), Энергетика
Сельское хозяйство	Биомасса, пищевые отходы	Энергетика, Химическая
Переработка	Вторичное сырье	Все отрасли (замкнутый поток)
Энергетика	Тепло, выбросы	Все отрасли (электроэнергия)

В данной работе предлагается системно-динамическая модель, описывающая функционирование ЛНР как СЭЭС в рамках ЭЗЦ. Модель

охватывает ключевые отрасли экономики, перечисленные выше. Все отрасли взаимодействуют друг с другом через потоки ресурсов и отходов, а также влияют на социальные и экологические параметры региона.

Модель включает следующие переменные:

P_i – объём выпуска продукции в отрасли i ;

F_{ij} – поток сырья/отходов от отрасли i к j ;

R_i – потребление внешнего (неперерабатываемого) ресурса отраслью i ;

W_i – объём отходов, производимых отраслью i ;

E_i – уровень экологического загрязнения от i ;

S_i – социальный вклад отрасли i ;

ρ – коэффициент переработки;

$F(t)$ – целевая функция – интегральный показатель эффективности региона.

Базовые уравнения модели:

Угольная промышленность:

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = f_1(R_1) - F_{12} - F_{17} - W_1 \quad (1)$$

где F_{12} – поток ресурсов между угольной отраслью и металлургией (уголь),

F_{17} – поток ресурсов между угольной отраслью и энергетикой.

Металлургия:

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = f_2(F_{12} + R_2 + \rho W_6) - F_{23} - W_2 \quad (2)$$

где R_2 – объем внешних руд, W_6 – металл. отходы из переработки.

Машиностроение:

$$\frac{dP_3(t)}{dt} = f_3(F_{23} + R_3 + \rho W_6) - W_3 \quad (3)$$

Входом является металл от металлургической отрасли, переработанные детали.

Химическая промышленность:

$$\frac{dP_4(t)}{dt} = f_4(R_4 + \rho W_5 + W_1) - F_{45} - W_4 \quad (4)$$

Сельское хозяйство:

$$\frac{dP_5(t)}{dt} = f_5(R_5 + F_{45} + \rho W_6) - W_5 \quad (5)$$

Переработка отходов:

$$\frac{dP_6(t)}{dt} = f_6\left(\sum_i W_i\right) - \sum_i \rho W_i \quad (6)$$

Энергетика:

$$\frac{dP_7(t)}{dt} = f_7(F_{17} + W_1 + W_5 + \rho W_6) - W_7 \quad (7)$$

Каждая отрасль дополнительно влияет на экологическую и социальную подсистемы:

Экологическая подсистема:

$$\frac{dE(t)}{dt} = \sum_{i=1}^7 W_i - \gamma P_6 \quad (8)$$

где β_i – коэффициент загрязнения соответствующей отрасли, γ – эффективность очистки переработкой.

Социальные показатели:

$$\frac{dS(t)}{dt} = \sum_{i=1}^7 \delta_i P_i - \theta E \quad (9)$$

где δ_i – вклад отрасли в занятость/благосостояние, θ – урон от экологического загрязнения.

В модели определен показатель $F(t)$, отражающий совокупную эффективность функционирования региона:

$$F(t) = \sum_{i=1}^7 P_i(t) + S(t) - 2E(t) \quad (10)$$

Этот интегральный индикатор сбалансировано учитывает экономическое развитие (через выпуск продукции), социальное развитие

(уровень жизни и занятость), экологические потери (с удвоенным штрафным весом).

На основании статистических данных была проведена параметризация модели (таблица 2).

Таблица 2 - Параметризация отраслей экономики региона

Отрасль	Ресурсопотребление	Уровень отходов	Эко-коэф (β)	Соц. вклад (δ)
Угольная	высокое (уголь, вода)	высокий	0.30	0.50
Металлургия	высокое (уголь, руда)	высокий	0.25	0.40
Машиностроение	среднее (металлы, энергия)	средний	0.20	0.35
Химическая	высокое (сырье, газ)	средний	0.15	0.30
Сельское хоз-во	среднее (вода, удобрения)	средний	0.10	0.25
Переработка	низкое (отходы)	низкий	0.05	0.20
Энергетика	высокое (уголь, биомасса)	средний	0.12	0.40

В результате проведённого исследования была разработана концептуальная и математическая модель региона как СЭЭС, реализующей принципы ЭЗЦ. Модель учитывает семь ведущих отраслей экономики ЛНР – угольную, металлургическую, машиностроительную, химическую, сельское хозяйство, переработку отходов и энергетику, – а также их взаимосвязи с социальной и экологической подсистемами. Каждая отрасль была описана с использованием системы дифференциальных уравнений, учитывающих

потребление и передачу ресурсов, образование и переработку отходов, а также воздействие на экологическое состояние и социальную сферу региона.

Модель обеспечивает основу для анализа устойчивости и сбалансированности регионального развития с точки зрения ЭЗЦ. Она позволяет оценить влияние межотраслевых связей на динамику производственных и экологических параметров, а также на социальные показатели. Однако в рамках данного этапа работы была выполнена только формализация модели на концептуальном уровне и математическое описание ключевых взаимосвязей.

В перспективе планируется реализация модели на языке Python с целью проведения численных экспериментов, сценарного анализа и оценки эффективности предлагаемых управлеченческих решений. Это позволит глубже проанализировать потенциальные пути перехода региона к экономике замкнутого цикла и выявить стратегически важные точки воздействия на систему для достижения устойчивого развития.

Список использованных источников

1. Ellen MacArthur Foundation. Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. – 2013. – URL: <https://ellenmacarthurfoundation.org> (дата обращения: 25.04.2025).
2. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., Hultink, E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 143. – P. 757–768. – doi:10.1016/j.jclepro.2016.12.048.
3. Велигуря, А. В. Цифровые решения в экономике замкнутого цикла / А. В. Велигуря // Инновации и информационные технологии в условиях цифровизации экономики: сб. тезисов II Междунар. науч.-практ. конф., Алчевск, 25–26 апр. 2024 г. – Алчевск: ДонГТУ, 2024. – С. 394–396. – EDN DZAEVN.
4. Велигуря, А. В. Разработка комплекса моделей оценки и прогнозирования уровня социально-экономического развития субъектов Луганской Народной

Республики / А. В. Велигуря // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – 2019. – № 9(27). – С. 48–55. – EDN KJGXND.

5. Велигуря, А. В., Ивановская, М. В. Разработка информационной модели региона / А. В. Велигуря, М. В. Ивановская // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – 2017. – № 1-2(3). – С. 146–149. – EDN ZUKBCV.

6. Рамазанов, С. К., Истомин, Л. Ф., Чмелев, В. В. Модели оценки и анализа сложных социально-экономических систем // В: Пономарёв, В. С., Клебанова, Т. С., Кизим, Н. А. (ред.). Модели оценки, анализа и прогнозирования социально-экономических систем. – Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2013. – С. 425–439.

7. Резник, А. А., Рязанцева, Н. А. Методика оценки социально-экономического риска в регионе / А. А. Резник, Н. А. Рязанцева // Инновации и инвестиции. – 2024. – № 5. – С. 151–153. – EDN GMRBMF.

Veligura A. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Lugansk State University named after Vladimir Dahl.

MATHEMATICAL MODEL OF THE FUNCTIONING OF A REGIONAL SOCIO-ECOLOGICAL-ECONOMIC SYSTEM IN THE CONTEXT OF THE CIRCULAR ECONOMY

Abstract: This paper presents a mathematical model of a region's socio-ecological-economic system operating within the framework of the circular economy. The model captures the interactions among seven key sectors of the Luhansk People's Republic economy—coal, metallurgy, mechanical engineering, chemical industry, agriculture, waste recycling, and energy—and their impact on the social and environmental subsystems. The model is based on systems of equations that describe resource and waste flows, environmental effects, and the social contribution of industries. Sector parameters and an integrated regional performance indicator are introduced. The study provides the foundation for implementing a computer-based model and conducting scenario analysis of sustainable regional development based on circular economy principles.

Key words: circular economy; socio-ecological-economic system; digitalization; mathematical modeling; sustainable development; region.

УДК 004.9

Голуб Т.В. ассистент, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»,

Ромашка Е.В. старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Аннотация: В статье исследованы особенности внедрения и использования информационных систем для ведения учета и управления предприятием. Отдельное внимание уделено освещению проблем при внедрении информационных систем, выделены этапы внедрения. Сформулирован перечень задач, а также критерии выбора информационной системы.

Ключевые слова: управление предприятием, информационная система, внедрение, информация, предприятие.

Управленческая деятельность базируется на информационном обеспечении, которое преимущественно обеспечивает учет, а потому роль информационной системы в управленческой системе является определяющей. Важнейшим фактором совершенствования управления деятельностью предприятия на сегодняшний день является процесс ввода в работу современных информационных систем, которые обеспечивают оперативность, качество, надежность процессов сбора, обработки и хранения информации и оптимизацию управленческого персонала предприятия. Автоматизация бизнес-процессов любого предприятия является неотъемлемой частью и залогом его развития. Программные решения позволяют комплексно и гибко подходить к усилению конкурентных позиций и сохранять уникальность субъекта хозяйствования.

Е.Л. Кузина, А.В. Полторак, М.М. Бозин и др. пишут что «Информационные технологии (ИТ) позволяют создать на предприятии информационную систему для регулирования, упорядочения и четкого учета информационных потоков, а также обеспечения внутренних и внешних пользователей требуемой информацией заданного качества и в установленные сроки» [2].

Изучению роли, а также сущности информационных систем и технологий в управлении предприятием посвящено множество трудов ведущих учёных. Проблемы и методика проектирования и внедрения информационных систем промышленных предприятиях освещены в трудах: Е.С. Мандракова, В.А. Васильева, С.В. Юдиной, Н.А. Моисеенко, Е.Л. Кузиной, А.В. Полторак.

Также существуют научные работы посвященные методам автоматизации управленческого процесса на предприятиях, а также влиянию компьютеризации учета на принятие управленческих решений. Однако в условиях современного информационного пространства вопросы применения автоматизированных информационных систем в управлении по-прежнему остаются актуальными. Отдельные аспекты определения и оптимального выбора информационных систем для субъектов предпринимательской деятельности и эффективного их использования в процессе компьютеризированного учета являются объектом для противоречивого обсуждения, что и обуславливает актуальность и целесообразность изучения данного вопроса.

Целью статьи является исследование применения современных информационных систем в управлении предприятием, что обуславливает изменение подходов к выполнению задач по бухгалтерскому учету, анализу и аудиту деятельности предприятия.

Н.А. Моисеенко и И.С. Джабраилов дают следующее определение «Информационная система управления – это совокупность информации, экономико-математических методов и моделей, технических, программных, других технологических средств и специалистов, а также предназначенная для обработки информации и принятия управленческих решений» [4].

Ускорение обработки данных первичных документов, автоматизацию хозяйственных операций, формирование финансовой и иной отчетности обеспечивают информационные системы. По словам Н.Г. Вишневской и С.С. Сергеева «Информационная система – это взаимосвязанная совокупность концепций, методов, технологий, технических и программных средств, используемых для автоматизации процессов сбора, регистрации, обработки,

хранения и передачи информации потребителю в интересах достижения поставленной цели» [1].

Из приведенных выше определений следует основная цель информационной системы, предназначеннной для управления предприятием – подготовка и предоставление информации, которая необходима для обеспечения управления всеми ресурсами предприятия, а также создания информационной и технической среды для управления предприятием.

Понимание сущности информационной системы можно рассматривать с трех точек зрения. Во-первых, информационная система представляет собой совокупность взаимосвязанных компонентов, ответственных за сбор, хранение, обработку и распределение информации. Главная цель этих компонентов – поддержка управления организацией и принятие управленческих решений. Во-вторых, современная информационная система представляет собой ресурсы предприятия, объединенные в одно целое. Важнейшими из них являются аппаратное и программное обеспечение, информация, методы обработки данных, технические средства, инфраструктура и персонал. Вместе всё это необходимо для принятия управленческих решений и обеспечивает сбор, хранение, обработку и распределение информации. И, в-третьих, информационная система представляет собой комплекс взаимосвязанных и взаимозависимых данных о текущем состоянии предприятия и его внутренних процессах. Информация, представленная в виде различного рода данных, собирается, обрабатывается и структурируется с помощью информационных технологий, следуя определенной методике и алгоритму.

Ключевые задачи, решаемые информационной системой, тесно связаны со ее сферой применения. В зависимости от области, для которой создана система, ее основные задачи могут включать: сбор данных из различных источников; регистрацию, обработку и передачу информации; распределение информации между руководством предприятия, его подразделениями и исполнителями в соответствии с их должностными обязанностями.

Со слов С.В. Юдиной и М.А. Кузнецовой «Основной задачей информационной системы управления производством является обеспечение

производственного персонала и управленицев необходимыми и качественными информационными ресурсами, которые позволяют быстро принимать правильные управленческие и технологические решения» [6]. Разумно воспринимать информационную управляющую систему предприятия как единую программную платформу, которая охватывает все аспекты работы компании и обеспечивает синхронное взаимодействие всех её элементов.

А.В. Рубцов, С.В. Мамаева и др. считают, что «Информатизация в системе управления предприятием предполагает:

- создание правовых, экономических, технологических, социальных условий для того, чтобы необходимая для решения управленческих проблем информация была доступна в кратчайшие сроки, в любой точке, любому потенциальному пользователю;
- создание аппаратных и программных средств, телекоммуникационных систем, обеспечивающих формирование информационных ресурсов и доступ к ним, включая хранение, переработку, преобразование и передачу информации и знаний;
- обеспечение первоочередного развития структур производства и воспроизведения информации и знаний;
- разработку и реализацию организационно-методологических основ и программ последовательного, целенаправленного и эффективного внедрения информационных технологий в систему управления организацией» [5].

Главной целью разработки и проектирования информационных систем является организация электронного делопроизводства, а также быстрого и качественного обмена информацией. Они должны обеспечивать решение простых и не сложных задач, в комплексе со сложными. Все этапы мониторинга, анализа, планирования, управления и принятия управленческих решений должны быть охвачены. На всех уровнях управления управленческие системы представляют собой программные решения, которые помогают автоматизировать процессы принятия решений. Такой подход способствует принятию обоснованных и своевременных решений на всех управленческих уровнях.

При выборе программного продукта целесообразно учитывать следующие критерии:

- базовый функционал программы;
- оперативность отображения изменений законодательства;
- удобство интерфейса;
- наличие методической литературы;
- техническая поддержка партнера;
- возможность экспорта-импорта данных с другими программными продуктами;
- защищенность системы от внутренних пользователей и внешних факторов;
- масштабность;
- стоимость и порядок лицензирования.

Информационные системы управления предприятием также важны для предприятия в целом и организации бухгалтерского учета, как наличие высококвалифицированных специалистов в штате предприятия, как наложенная согласно нормам и требованиям система документооборота, а также другие отлаженные и тщательно подобранные программные продукты для автоматизации, которые обеспечат высокую эффективность управления предприятием и организацию учетного процесса.

Следовательно, создание информационной системы для предприятия – это сложный и многоэтапный процесс, требующий тщательного планирования и исполнения.

При разработке новой системы руководствуются следующими принципами:

- ориентация на цели организации: система должна быть тесно интегрирована с целями и задачами предприятия, а также эффективно автоматизировать его бизнес-процессы.
- интеграция с существующей инфраструктурой, новая система должна взаимодействовать с базами данных и оборудованием, уже используемыми на предприятии.

- постоянное сопровождение и развитие, предусматривается постоянная техническая поддержка функционирующей системы, включая ее модернизацию в соответствии с меняющимися потребностями заказчика и требованиями бизнеса.
- строгое соблюдение графика и бюджета, все этапы реализации проекта осуществляются в соответствии с утвержденным графиком и бюджетом.
- оптимизация на каждом этапе, применяются методы оптимизации на всех стадиях разработки и эксплуатации системы, что способствует повышению ее эффективности и производительности.

Сложным и продолжительным является процесс внедрения новой системы управления предприятием и представляет собой поэтапный продуманный процесс. Сроки реализации проекта по внедрению системы могут быть различными в зависимости от конкретной системы и конкретного предприятия. Данные мероприятия могут занимать несколько месяцев для небольших систем и вплоть до нескольких лет для крупных систем.

Результат создания или приобретения, а затем внедрения информационной системы как проекта в основном зависит от готовности и личной заинтересованности руководства предприятия участвовать в ведении проекта, четко сформулированной программы действий на всех уровнях от руководства до рядового сотрудника, наличия ресурсов и обученного персонала.

Основным правилом внедрения информационной системы на предприятии является выполнение обязательных этапов, предусмотренных проектом последовательно и не пренебрегая ни одним из них.

Выделим важнейшие факторы успешного внедрения информационной системы управления предприятием:

- цели проекта и требования к информационной системе должны быть тщательно продуманы и прописаны в технической документации к проекту;
- проведение обследования предприятия перед разработкой проекта и формулирование конкретных задач;
- существование стратегии внедрения и последующего применения информационной системы;

- контроль выполнения проекта внедрения должен осуществляться с непосредственным участием руководителей организации, на которой реализуется проект;
- внедрение информационной системы сотрудниками фирмы разработчика совместно со специалистами предприятия;
- осуществление контроля качества выполняемых работ, руководителями предприятия совместно с фирмой разработчиком;
- получение положительных результатов в кратчайшие сроки в процессе опытной эксплуатации.

Процесс внедрения, как описано выше процесс сложный и длительный, следовательно, внедрение любой информационной системы предполагает прохождение следующих этапов:

1. определение потребностей будущих пользователей новой системы;
2. формулирование требований к технологии;
3. проектирование;
4. тестирование;
5. доработка проекта;
6. внедрение.

Е.С. Мандраков и В.А. Васильев считают, что «Проблема качества внедрения и использования информационных систем, а также качества автоматизации промышленных предприятий в комплексе не изучена, хотя существует заметная связь между управлением предприятием и той информационной системой, которую оно использует» [3].

Эффективное управление предприятиями в современной экономической среде немыслимо без широкого внедрения информационных технологий. Они служат основой для комплексного учета всех ключевых аспектов деятельности организации, включая управленческие, коммерческие и производственные процессы. Интегрированные информационные системы позволяют оптимизировать бизнес-процессы, повысить прозрачность и эффективность принятия решений.

Кроме того, информационные технологии должны способствовать оптимизации потоков информации, как входящей, так и исходящей, а также обеспечивать инструменты для глубокого анализа работы предприятия. Важным аспектом является способность систем эффективно обрабатывать большие объемы данных, а также всех уровнях управления облегчать и автоматизировать процесс принятия решений.

Важность внедрения информационных систем в деятельность предприятия сложно переоценить. Успешность функционирования предприятия во всех сферах напрямую связана с уровнем интеграции информационных систем и технологий. Целью внедрения таких систем является оптимизация управления информационными ресурсами, что в свою очередь способствует повышению общей эффективности деятельности предприятия.

Несмотря на очевидные преимущества, многие предприятия продолжают функционировать по устаревшим моделям. Неудачи при внедрении информационных систем часто ошибочно приписываются недостаткам технического оснащения. В действительности, это свидетельствует о необходимости модернизации и переосмысливания подхода к применению на большинстве предприятий современных информационных технологий.

Критерии выбора внедряемой информационной системы определяет экономическое планирование деятельности организации, рассчитанное на длительный период времени. Функционал и структура информационной системы должны отвечать целям, которые ставятся перед конкретной организацией. Высокую скорость изменяемости современных систем необходимо учитывать в процессе внедрения новой информационной системы. К излишним финансовым и трудовым затратам приведет внедрение без учета выхода обновлений и новых версий системы, а также всё это приведет к быстрому устареванию информационной системы.

Процесс внедрения новой информационной системы должен учитывать её высокую подверженность изменениям, связанную с быстро развивающейся отраслью, а также постановкой новых задач перед развивающимся современным предприятием. Существенных дополнительных финансовых и трудовых затрат

потребует в дальнейшем игнорирование обновления версий и модификаций информационной системы.

Внутренние процессы соответствующие основным целям организации должны в свою очередь соответствовать основной цели информационной системы. Для достижения этой цели необходимо обеспечить единое информационное пространство, где все подразделения имеют доступ к актуальным данным. Лишь при наличии такого пространства внедрение новой информационной системы может привести к ощутимому повышению эффективности ее деятельности.

Следовательно, современная информационная система должна быть неотъемлемой частью структуры предприятия, равноправно взаимодействуя с другими ключевыми элементами: руководством, персоналом и производственным оборудованием. Информационные системы, которые внедрены и качественно функционируют на предприятии представляют собой критически важный фактор для достижения успеха в конкурентной среде. Применение информационных систем в целом, повышает уровень эффективности управленческих решений, повышает производительность труда, уменьшает объёмы бумажной рутины, способствует ускорению сбора и обработки информации.

Список использованных источников

1. Вишневская, Н. Г. Автоматизированные системы управления как фактор повышения эффективности деятельности фирмы / Н. Г. Вишневская, С. С. Сергеев // Путеводитель предпринимателя. – 2018. – № 40. – С. 79-88. – EDN VMLZXC.
2. Е. Л. Кузина, А. В. Полторак, М. М. Бозин, Е. А. Назаров, А. И. Чурилов, Г. И. Шкуратов Планирование и проектирование информационной системы организации: этапы и методы // ИВД. 2024. №6 (114). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/planirovanie-i-proektirovaniye-informatsionnoy-sistemy-organizatsii-etapy-i-metody> (дата обращения: 28.04.2025).

3. Е С. Мандраков, В А. Васильев Методика внедрения информационных систем на промышленных предприятиях // Компетентность. 2024. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-vnedreniya-informatsionnyh-sistem-na-promyshlennyh-predpriyatiyah> (дата обращения: 28.04.2025).
 4. Н.А. Моисеенко, И.С. Джабраилов Проектирование информационной системы управления организацией: необходимость современности // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2019. № 2 (16) 15. — URL: http://gstou.ru/files/nauka/works_ggntu/47-55-proektirovanie-informacionnoj-sistemy-upravleniya.pdf (дата обращения: 27.04.2025). doi: 10.34708/GSTOU.2019.16.2.006
 5. Информационное обеспечение системы менеджмента организации: учеб. пособие / А.В. Рубцов, С.В. Мамаева, Л.Н. Храмова, И.В. Храмов, – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. – 111 с.
 6. Юдина, С. В. Российская практика внедрения информационных систем управления производством / С. В. Юдина, М. А. Кузнецова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 12 (146). — С. 392-393. — URL: <https://moluch.ru/archive/146/40931/> (дата обращения: 28.04.2025).
-

Golub T.V., Assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Luhansk Vladimir Dahl State University»,

Romashka E.V. Senior Lecturer, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Luhansk Vladimir Dahl State University».

FEATURES OF THE USE OF INFORMATION SYSTEMS IN ENTERPRISE MANAGEMENT

Abstract: The article examines the features of the introduction and use of information systems for accounting and enterprise management. Special attention is paid to highlighting the problems in the implementation of information systems, the stages of implementation are highlighted. A list of tasks is formulated, as well as criteria for choosing an information system.

Keywords: enterprise management, information system, implementation, information, enterprise.

УДК 005.8:004

Ромашка Е.В. старший преподаватель кафедры информационных и управляющих систем, ФГБОУ ВО "Луганский государственный университет имени Владимира Даля",

Голуб Т.В. ассистент кафедры информационных и управляющих систем, ФГБОУ ВО "Луганский государственный университет имени Владимира Даля"

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

Аннотация: В статье рассматриваются особенности использования в управлении проектами информационных технологий. Изучены положительные и отрицательные нюансы информационных технологий. Сформулированы задачи автоматизированной системы управления проектами. Анализируются информационные системы, реализующие функции календарного планирования и контроля проектов, также рассмотрены их плюсы-минусы при применении их на практике. Анализируется эффективность внедрения систем управления проектами, что предполагает планирование комплекса работ и контроль за их выполнением. Рассмотрена методика Total Cost Of Ownership, позволяющая дать оценку эффективности затрат на проекты внедрения информационных технологий.

Ключевые слова: технология, проекты, система, эффективность, внедрение, информация, управление.

Сегодня информационные технологии — это инструмент, во многом позволяющий сделать управление компанией экономически эффективной. Имплементация систем управления проектами являются обстоятельствами удачного функционирования фирмы в нынешних условиях. Позволяют усовершенствовать процессы управления и снизить риски возникновения непредвиденных ситуаций.

Анализ последних исследований и публикаций.

Ученые задавались проблемой исследования и создания современных информационных технологий. Целью ученых являлось: проанализировать особенности управления проектами предприятия; углубить теоретические положения по эффективности управления проектами; выявить факторы повышения эффективности управления проектами; исследовать особенности

разработки информационной технологии; разработать информационную технологию управления мультипроектами предприятия.

Выделение ранее нерешенных частей общей проблемы.

Компании, желающие идти в ногу со временем внедряют проектное управление. Изменение условий в экономике побуждают создавать новые методы и модели взаимоотношений. В связи с этим формирование новых тактик управления проектами крайне важно для достижения успеха. Возникает необходимость эффективного управления проектами. Повышение требований к качеству и срокам выполнения работ.

Целью статьи является исследование использования новых подходов к управлению проектами посредством информационных технологий с целью повышения эффективности предприятий.

Изложение основного материала исследования.

Экономический рост предполагает устойчивое развитие предприятия, но современному обществу характерен рост экономики, что приводит к росту и развитию предпринимательских структур. Внешнее окружение предприятия через растущую динамику формирует специфическое конкурентное пространство.

Прогресс строится на определении фактического состояния предприятия и прогнозирования его будущего состояния, учитывая конкурентное пространство.

Устойчивое развитие берет за основу умение и опыт связанности этих состояний, а в состоянии проектов и программ развития отражается процесс перехода. При применении устойчивого развития проект выглядит как какая-то идея, восприятие, перспективное состояние или нуждающиеся объекты для его внедрения и реализации. Основными признаками проекта есть новизна, концептуальность, неповторимость, адаптивность, количественная измеряемость, лимитированность времени и другие. Проект, с точки зрения управления проектами понимается как совокупность неразрывных процессов,

нацеленных на достижение результатов, лимитируемых ресурсами и временем.

По назначению проекты разделяют на следующие виды [1]:

- проекты поддержки соответствия — проекты, поддерживающие характеристики элементов организации на требуемом уровне;
- проекты операционного улучшения — проекты, улучшающие характеристики элементов организации;
- стратегические «прорывные» проекты — проекты, реализация которых вносит принципиальные изменения в элементы организации.

Данная классификация проектов разрабатывает проектную деятельность на предприятии, которая достаточно актуальна и именно поэтому является предметом исследования статьи. В современном предприятии рассмотрение проектного управления указывает, что проект представляет собой путь управления предприятием и шанс выживания в конкурентной среде. Применение данного рассмотрения управления проектами на предприятии осуществляется не только в деятельности фирмы, нацеленной на создание ресурсов или реализацию продукции, но и внутреннее развитие предприятия [2].

Управление проектами включает в себя следующие этапы:

1. Анализ рынка, вероятности успеха проекта, рисков, проблем, потребностей.
2. Формулирование исходных данных.
3. Распределение функций.
4. Расчет экономической составляющей проекта.
5. Непосредственная реализация проекта.
6. Введение в эксплуатацию.
7. Техническая поддержка [2].

Значение информационных технологий в развитии технологий управления проектами очень быстро возрастает. Именно они позволяют

существенно повысить эффективность управления. Огромно количество проектов просто остаются не законченными без должного контроля.

В условиях современной конкуренции руководителям необходимо оперативно реализовывать проекты, снижать общие издержки, при этом качество должно неуклонно расти.

У компаний есть определенные цели. Первая это внешнее развитие, т.е. расширение рынка, эффективная реализация продукции. А вторая -внутреннее развитие. Сюда входит улучшение эффективности управленческих процессов компании повышение стоимости компании. У компании должна быть четкая стратегия, которая регламентирует финансовые ограничения по временному фактору. Формирование целей позволяет правильно выбрать проекты, реализация которых, позволит достичь эти цели. Важным фактором является эффективное использование лимитированных ресурсов. Соответственно, возникает необходимость управления различными проектами.

Имплементация информационных технологий кратко упрощают процесс управления проектами. В ходе реализации проекта всегда возникают «форс-мажорные» ситуации различного рода. Внедрение информационных технологий позволяет быстро и наименее болезненно выходить из таких ситуаций. Грамотно организовывают взаимодействие между членами команды. Поэтапный контроль выполнения работ. Формирование отчетности [1].

Компьютерные технологии прошли стадию развития машинных ресурсов, стадию программирования, стадию новых информационных технологий, стадию высоких информационных технологий.

Автоматизированные информационные технологии включают в себя такие компоненты, как: программное обеспечение и методические пособия, команды людей, реализующих проект, аппаратные устройства.

Целью информационных технологий, в данном контексте является автоматизация систем проектного управления.

Популярность информационных технологий можно объяснить тем, что они существенно упрощают доступность информации и облегчают взаимодействие между членами команды [1].

Информационные технологии призваны решать проблему управления одновременно множеством проектов, которые между собой никак не взаимосвязаны друг с другом. Однако они могут и иметь общую базу ресурсов. Такое управление позволяет архивировать всю информацию.

Для реализации управления множеством проектов необходимо сформулировать содержание и свойства работ. Так же необходимо учитывать затраты и доходы проекта. Особенno тщательно должен осуществляться контроль выполнения каждого этапа проекта. Необходимо выявить критически важные работы, запаздывание реализации которых может повлиять на проект в целом. Учитываются и контролируются ресурсы, как материальные, так и человеческие. Обязательно анализируется риски, возникающие при выполнении проекта. Так же формулируется отчетность по проектам, организовывается документооборот.

Задачи решаемые информационными системами управления проектами:

- распределение загрузки ресурсов;
- определение критического пути
- определение резервов времени выполнения работ;
- построение и перестроение графика выполнения работ проекта;
- расчет финансовых и ресурсных затрат;
- анализ рисков;
- анализ своевременности реализации работ;
- прогнозирование ключевых характеристик;
- непосредственно управление проектом [4].

Достоинствами применения систем управления проектами являются [3]:

- распространение опыта полученного при выполнении одного проекта, учитывается при работе с другим;
- организация беспрерывной инспекции проекта;

- график выполнения проекта регулярно обновляется исходя из текущей ситуации, что позволяет оперативно управлять ресурсами;
- распределение проектов по приоритетности, достигаемому результату, конечной цели, установленным целям. Это дает возможность корректировать распределение ресурсов и финансирования между проектами;
- оставление поэтапного плана работ.

Информационные технологии управления проектами могут автоматизировать управление ресурсами компании. Так же они формируют график работ. Управляют затратами, рисками. Контролируют качество выполнения работ.

Тананов А.А. приводит следующую «структуре системы автоматизации управления проектами:

- инструменты решения задач предпроектного анализа, управления затратами, разработки бизнес-плана, управления временем, анализа рисков,
- инструменты организации взаимодействия внутри команды,
- инструменты календарно-сетевого планирования» [9].

Модель проекта состоит из трех пунктов:

- структура ресурсов;
- структура работ проекта;
- матрица распределения ресурсов на работы проекта [8].

Особенностью систем управления проектами является определение структуры планирования, взаимосвязи и продолжительности выполнения. Здесь не идет речь о привязке работ по определенным датам. Благодаря этому система шаг за шагом перестраивает и совершенствует ход работ. Отслеживает и корректирует ход и сроки выполнения проекта.

Согласно Морозовой Т.В.: «Структура работ проекта представляет собой иерархическую совокупность этапов и работ проекта, структурированную по продолжительности работ. Программа сама определяет даты раннего и позднего начала и даты раннего и позднего

окончания каждой работы и всего проекта в целом, строит диаграмму Ганта, вычисляет резервы времени, и критический путь выполнения проекта».[8].

Под структурой ресурсов проекта понимают ресурсы, связанные с людьми, специальными средствами, расходными материалами, финансами. В таблицах отображаются стоимость ресурсов, их, количество, производительность. Так же удобно использование календарей расхода ресурсов.

Матрица назначений включает в себя информацию об используемых ресурсах и о том, как они будут использоваться для каждого этапа проекта. Система также хранит данные о свойствах и потребности в работе ресурсов.

По завершении регистрации этих ресурсов для каждого этапа проекта программа автоматически пересчитывает календарный план с учетом ограничений по ресурсам.

Существует огромное количество систем позволяющих планировать работы проекта. Самые распространённые Primavera Project Planner (P3), Microsoft Project, Artemis Views, Open Plan Professional, Turbo Project, Project Scheduler, Spider Project, Time Line.

Проанализируем самые популярные системы управления проектами.

Primavera Project Planner for the Enterprise (P3e)

Достоинства:

- предназначен для крупных сложно-структурированных проектов;
- удобство анализа рисков, затрат и планирования ресурсов

Недостатки:

- доступно малое число календарей;
- расписания ограничены количеством ресурсов.

Пакет MS Project

Достоинства:

- простота и понятность интерфейса;
- интегрируется с другими продуктами семейства;
- удобная работа в команде, удобство постановки задач руководителем.

Недостатки:

- сложность в работе в режиме совместного доступа;
- высокие требования по аппаратной части;
- отсутствие удобного отображения прогресса выполнения работ.

SureTrak Project Manager

Достоинства:

- удобна для использования на уровне групп;
- простой интерфейс, не требующий глубокого изучения;
- широкий набор инструментов;
- доступны 9 различных видов работ и 10 видов ограничений;
- оценивается вероятность невыполнения проекта в указанные сроки (метод Монте-Карло);
- возможность сортировки и группировки работ по множеству критериев.

Недостатки:

- число календарей ограничено;
- всего тридцать дополнительных календарей.

Менеджер и команда проекта, применяя программное обеспечение, могут значительно увеличить уровень эффективности, обоснованности и быстроты принятия управленческих решений.

Ученые выделяют следующие процессы, которые автоматизируются системой управления проектами:

- «разработка графика выполнения проекта с учетом или без учета ресурсных ограничений;
- вычисление критических работ, определение критического пути и резервов времени выполнения работ проекта;
- планирование ресурсов проекта;
- оценка рисков и учет их;
- исследование и контроль исполнения всех этапов и ресурсов проекта;
- контроль и прогнозирование» [10].

Совокупность расходов и доходов системы описывает уровень эффективности систем управления проектами. Существуют 3 основных параметра рационального использования проектного менеджмента, к ним относят: время, стоимость и качество работы. Такие факторы как: задержание сроков использования инноваций, увеличение уровня затрат проекта и некачественное выполнение работ наносят ущерб предприятию при неэффективном управлении проектом. Неверный расчет будущих и прямых затрат проекта влечет за собой нецелесообразное распределение финансов и некачественное выполнение работ. Подобные ошибки в расчёте финансов проекта в среднем составляют 10-20% от его стоимости. [6].

Необходим комплексный и системный подход к внедрению информационных технологий в управление проектами. Он должен объединять планирование большого количества работ и четкий, поэтапный контроль за их выполнением. Первоочередной задачей является составление плана. То насколько эффективно будет использование системы зависит и от отдельно взятых подразделений и от компании в целом. Контроль за кадрами и технической стороной процесса внедрения крайне важны [7].

Могут возникнуть ошибки в планировании. Цели могут быть поставлены не верно, ошибочно сформулированные результаты, планирование работ, планирование реструктуризации предприятия. Такие факторы как ограничение во времени, недостаточная поддержка алгоритма действий руководства и другие могут помешать и усложнить достижение основных целей проекта в полном объеме. Поэтому нужно четко фиксировать ожидаемые результаты эксплуатации системы проекта. Чтобы избежать данных трудностей необходимо четко и последовательно спланировать функции управления проектом. Необходимо начинать с планирования и контроля временных параметров, после разработать планирование ресурсов и завершить планированием и контролем затрат [5].

Так как возможные трудности при применении системы управления проектом могут и возрастать дополнительные и непредсказуемые расходы,

также играет важную роль человеческий фактор. Следует применять методики анализа всех элементов затрат на внедрение информационных технологий, повышение чистой прибыли влияет на управление этими издержками. Методика ТСО (total cost of ownership) – управление общей стоимостью владения информационной системой, очень популярна в использовании у консалтинговых фирм. Данная методика основывается на выделении и расчете всех прямых и косвенных затрат и рисков, тесно связанных с покупкой и вводом в эксплуатацию системы для последующего поиска рисков и затрат и их минимизации.

Следовательно, успеваемость от внедрения информационной системы и получение максимальной выгоды и пользы на предприятии зависит от эффективности управления затратами в течение всего срока работы проекта.

Также от использования информационных систем управления проектами зависит не только экономический эффект (качество организации составляющих предприятия, улучшение финансово-экономических показателей), но и социальный, т.е. это такие показатели как: увеличение уровня инвестиционной привлекательности предприятия, четкость и прозрачность учета и анализа, адаптивность в результате реструктуризации бизнеса, повышение мобильности проекта. Данные элементы не могут измеряться в количественном выражении, но их роль на предприятии очень важна. Любая организация подвергается постоянным изменениям внешней среды, для нее необходимо оперативно и адекватно реагировать на данные изменения в соответствии с системным подходом.

Выводы. Процесс внедрения информационных технологий управления проектами носит глобальный характер. Он влечет за собой изменения как в компании в целом, так и в отдельных его подразделениях. К процессу нужно подходить системно. Необходимо планировать работы. Так же важен контроль за каждым этапом их выполнения. В результате изучения возможности и построения модели внедрения информационных технологий компания сможет использовать тих и в дальнейшей работе и управлении проектами. Контроль

делает управление проектами предприятия намного более быстрым и правильным.

Список использованных источников

1. Антонов, Г.Д. Управление проектами организаций: учебник / Г.Д. Антонов, И.П. Иванова, В.М. Тумин. – Москва: Инфра-М, 2020. – 243 с
2. Курочкин Д.Э. Современные проблемы управления инновационными проектами информатизации предприятия [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования.: сайт - URL: <http://www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=16867> (дата обращения: 10.04.2025).
3. Управление IT-проектами – 5 вызовов и их преодоление. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://itguild.com/info/blog/upravlenie-it-proektami-5-vyzovov-i-ikh-preodolenie/> (дата обращения: 10.04.2025).
4. Мартин, Р. Идеальный программист. Как стать профессионалом разработки ПО: / Р. Мартин ; пер. с англ. Е. Матвеев. – Санкт-Петербург : Питер, 2016. – 214 с.
5. Почему проваливаются IT-проекты: проблемы ответственности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.it.ru/press_center/publications/8432/ (дата обращения: 22.02.2025)
6. Рассел Д. Арчибалд Управление высокотехнологичными программами и проектами = Managing High Technology Programs and Projects. — М.: «Академия АйТи», 2004. — С. 472.
7. Том ДеМарко Deadline. Роман об управлении проектами. — «ВЕРШИНА» «М», 2006. — С. 143.
8. Морозова Т.В. Экономическое обоснование проектных решений. Теоретические аспекты инвестиционного проектирования. Учебное текстовое электронное издание локального распространения / Омский государственный технический университет. Омск, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=54188421> (дата обращения: 22.02.2025)

9. Тананов А.А. Роль информационных технологий в управлении проектами . В сборнике: Наука молодых. 2020. С. 464-468
 10. Байсаева М.У., Гачаев А.М., Красавина Е.В., Забайкин Ю.В. Интегрированные системы цифрового управления проектами как инструмент реализации стратегий компаний: история и современность. Вопросы истории. 2022. № 10-2. С. 198-215 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=49727089> (дата обращения: 22.02.2025)
-

Romashka E.V. Senior Lecturer, Department of Information and Control Systems, «LSU named after V. Dahl»,

Golub T.V. Assistant, Department of Information and Control Systems, «LSU named after V. Dahl».

USE OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN PROJECT MANAGEMENT

Abstract: The article is devoted to defining the role of modern information technology project management. There are the main advantages and disadvantages of the use of information technology. There are the above objectives and elements of project management in the context of an automated system. Analyzes the information systems that implement the functions of scheduling and controlling projects and consider their plus-minus, when applying them in practice. We analyze the efficiency of project management that involves planning activities and monitoring their implementation. The method Total Cost of Ownership, allowing you to assess the cost-effectiveness of information technology projects.

Keywords: technology, projects, system, efficiency, implementation, information, management