ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

На правах рукописи

АЛМУНТАФЕКИ Асель Фарис Марзуг

Оценка эффективности функционирования транспортно-логистических процессов промышленного предприятия на основе моделирования оптимальных параметров грузоперевозки

Специальность

2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
проф., д.т.н. Гончаренко С.Н.

Москва – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……. 4
1. ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ТЕРМИНАЛА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ КОМБИНАТА……. 9
1.1. Обзор исследований в области оценки эффективности функционирования транспортно-логистических систем промышленного предприятия……... 9
1.2. Моделирование параметров оценки эффективности функционирования буферных емкостей хранения и номинальных скоростей отгрузки готовой продукции на промышленной площадке комбината……... 23
1.3. Выявление, анализ и прогнозирование параметров риска безотказной погрузки готовой продукции на промышленной площадке комбината…….. 39
1.4. Обоснование и выбор программного обеспечения для автоматизации системы управления контуром логистических процессов отгрузки и перевозки готовой продукции комбината…… 49
Выводы по главе 1…… 59
2. РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ И МОДЕЛЕЙ ВЫБОРА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ КОМБИНАТА……. 61
2.1. Обоснование исходного множества оценочных критериев и решение задачи выбора транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината…….. 61
2.2. Статистическое прогнозирование показателей эффективности перевозки продукции на основе анализа моделей бенчмарок транспортно-логистической компании…… 102
Выводы по главе 2 …… 108
3. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ОПИСАНИЯ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ МНОГОПРОДУКТОВЫХ ПОТОКОВЫХ ЗАДАЧ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ КОМБИНАТА…….. 109

3.1. Формализованные постановки оптимизационных задач для различных условий функционирования транспортно-логистической системы комбината…….. 109
3.2. Сценарное моделирование многопродуктовой транспортной задачи и определение технико-экономических показателей плана перевозки готовой продукции в транспортной сети комбината……. 115
Выводы по главе 3……. 123
4.ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОМБИНАТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРЕВОЗКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ ……... 125
4.1. Формирование информационного базиса для моделирования технико-экономических показателей сценариев доставки потребителям готовой продукции комбината …….. 125
4.2. Моделирование основных технико-экономических показателей перспективных сценариев функционирования транспортно-логистической системы комбината …… 127
4.3. Моделирование показателей эффективности функционирования транспортно-логистической системы комбината с учетом потенциальных возможностей использования собственного и арендованного парков транспортных средств в периоды сезонных ограничений ……. 137
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……. 150
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ…… 152
Приложение А……... 163

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. На сегодняшний день транспортно-логистические системы промышленных предприятий сталкиваются с необходимостью решения ряда ключевых задач, связанных с оценкой эффективности функционирования двух основных направлений своей деятельности. Во-первых, это наличие простоев, невыполнение временных параметров и систематическое недостижение технико-технологических показателей работы буферных емкостей зон хранения и мест погрузки различных видов готовой продукции. Во-вторых, это ряд проблем, связанных с использованием имеющегося автопарка транспортных средств в контуре логистических процессов и вариантами сезонной доставки готовой продукции потенциальным потребителям. В такой ситуации необходимо определение факторов риска безотказной погрузки соответствующих зон хранения и мест погрузки готовой продукции в транспортно-логистическом терминале комбината, дифференцированных по способам отгрузки и номенклатуре производимой продукции. Помимо этого, отсутствие подходов к рациональному выбору вариантов использования транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината требует разработки научно-обоснованных механизмов, методов и инструментов, которые позволят получить максимальную эффективность транспортной составляющей при стабильной и управляемой цепи поставок. Наличие в существующих цепях поставок перевалочных пунктов в виде транспортно-логистических терминалов и использование различных видов автомобильного и железнодорожного транспорта для доставки готовой продукции комбината конечным потребителям диктует потребность в формировании и формализованном описании процедур сценарного моделирования, базирующихся на экспертных методах получения, анализа и обработки информации. Решение данных задач предопределяет объективную необходимость рассмотрения логистических процессов промышленного предприятия как комплексной многопродуктовой транспортной системы,

позволяющей реализовать процесс поиска оптимальных технико-экономических показателей погрузки и перевозки готовой продукции.

В этой связи повышение эффективности управления и надежности функционирования транспортно-логистической системы комбината на основе совершенствования управления погрузочно-разгрузочными процессами и оптимизации показателей транспортировки готовой продукции является актуальной научной и практической задачей.

Целью работы является повышение эффективности функционирования транспортно-логистической системы промышленного предприятия на основе определения оптимальных параметров грузоперевозки и оперативного мониторинга технико-экономических показателей погрузочно-разгрузочных работ.

Идея работы заключается в формировании оптимальных сценарных решений плана перевозки готовой продукции на основе определения потоков минимальной стоимости и максимальной производительности транспортных сетей комбината.

Новизна научных исследований заключается в следующем:

1. Разработаны новые подходы к определению временных интервалов и вероятности возникновения риска бесперебойной отгрузки произведенной продукции (безотказной работы буферной емкости), которые, в отличие от существующих, включают в себя прогнозные оценки риска переполнения склада и остановки производства из-за отсутствия мест хранения готовой продукции и риска простоя транспортных средств ввиду отсутствия своевременных поставок готовой продукции.

2. Получены новые данные о взаимосвязях цены доставки готовой продукции комбината от плеча с учетом специфических особенностей транспортировки грузов на различные расстояния, а также определены зависимости средней скорости движения от расстояния перевозки.

На основе поставленной цели в работе решены следующие основные **задачи:**

1. Анализ показателей функционирования транспортно-логистического терминала промышленной площадки комбината и прогнозирование параметров загрузки одного автомобиля для различных вариантов грузоподъемности выделяемых под погрузку транспортных средств.

2. Определение вероятностей наступления риска бесперебойной отгрузки готовой продукции: вероятность безотказной работы буферной емкости погрузки; вероятность простоя системы погрузочных терминалов при отсутствии автомобилей под погрузку; вероятность занятости машинами всех погрузочных терминалов; результирующая вероятность безотказной работы всей системы погрузки готовой продукции транспортно-логистического терминала комбината.

3. Обоснование и выбор транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината с учетом логистических технико-экономических показателей, вариантов расположения груза, системы взаимосвязей размеров причинённого вреда от превышения допустимых осевых нагрузок и допустимой массы для различных видов транспортных средств.

4. Формализация и решение транспортной задачи перевозки готовой продукции комбината для различных сценариев доставки грузов (автомобильный и железнодорожный транспорт), а также критериев оптимальности (объемы перевозок, время работы транспортного средства, суммарные затраты на транспортировку всего объема продукции) с учетом условий неполного использования парка транспортных средств и уровня значимости (приоритетности) определенных маршрутов доставки готовой продукции комбината.

5. Моделирование сценариев доставки грузов и показателей эффективности функционирования автопарка комбината с учетом привлечения сторонних транспортных средств в периоды сезонных ограничений.

Методы исследования включают системный и статистический анализ транспортно-логистических показателей промышленного предприятия, теорию принятия решений, математическое моделирование, теорию вероятностей,

теоретико-информационный анализ транспортно-логистической деятельности промышленного предприятия.

Научные положения:

1. Определение зон эффективной загрузки на промышленной площадке комбината возможно осуществить на основе полученных зависимостей временных интервалов загрузки различной грузоподъемности транспортных средств от скорости загрузки и рисков безотказной отгрузки для соответствующих зон хранения и мест погрузки готовой продукции в транспортно-логистическом терминале комбината, дифференцированных по номенклатуре производимой продукции, способам отгрузки и размеру фракции сыпучей массы песков.

2. Обоснование и выбор транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината необходимо осуществлять на основе сформированного исходного множества альтернативных вариантов использования транспортных средств, разработанной совокупности оценочных критериев для оценки эффективности перевозки готовой продукции и структуры предпочтений оценочных критериев для определенного типа транспортных средств.

3. Поиск оптимальных сценарных решений плана перевозки готовой продукции возможно осуществить на основе решения многопродуктовой транспортной задачи с промежуточными пунктами в виде транспортно-логистических терминалов и конечными пунктами доставки объемов разнородной продукции за определенный временной интервал с использованием методов анализа транспортных сетей с двусторонними пропускными способностями дуг и определении потоков минимальной стоимости и максимальной производительности транспортной сети.

Обоснованность и достоверность результатов исследования обеспечивается: репрезентативностью исходных статистических выборок показателей транспортно-логистического терминала комбината; корректным использованием в обработке информации о сценарных вариантах поставок готовой продукции методов математической статистики и теории принятия решений; эффективным использованием современного программного обеспечения.

Научная и практическая значимость

1. Разработана матрица рисков безотказной погрузки для соответствующих зон хранения и мест погрузки готовой продукции в транспортно-логистическом терминале комбината с дифференциацией по номенклатуре производимой продукции, способам отгрузки и размеру фракций сыпучей массы песков.

2. Разработан механизм решения задачи выбора (слоевого упорядочивания) транспортных средств для эффективной перевозки готовой продукции комбината по множеству оценочных критериев, базирующийся на результатах моделирования решения задачи выбора транспортных средств по их технической готовности (технические критерии), организационной обеспеченности (организационные критерии) и экономической эффективности (рыночные, экономические критерии).

3. Произведена прогнозная оценка стоимости доставки готовой продукции потребителям и потенциальных возможностей транспортных компаний по предоставлению необходимого количества транспортных услуг для широкого диапазона интервальных значений плеча доставки грузов. Прогнозные модели формировались исходя из анализа статистических данных по каждой, отдельно взятой компании и учета ее доли на рынке сервисных платформ для построения маршрутов и анализа тарифов.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Основные положения диссертации использованы в деятельности торгово-транспортной компании «Аль Райян» и ООО «Шопини Экспресс» -транспортно-логистические услуги (Республика Ирак).

Апробация работы. Результаты работы докладывались и обсуждались на Международном научном симпозиуме - «Неделя горняка-2024».

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 5 научных работах, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка из 126 наименований и представлена на 162 страницах, включая 70 рисунков, 46 таблиц.

1. ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ТЕРМИНАЛА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ КОМБИНАТА

1.1. Обзор исследований в области оценки эффективности функционирования транспортно-логистических систем промышленного предприятия

Анализ современных исследований в сфере оценки эффективности функционирования транспортно-логистических систем промышленного предприятия позволил выделить два базовых направления развития данной проблематики [3,10, 13, 14, 17, 28, 30, 32]. Во-первых, это исследования, направленные на повышение эффективности функционирования транспортно-логистических процессов промышленных предприятий, а во-вторых, это вопросы, касающиеся моделирования параметров транспортно-логистических систем.

Обзор исследований в области повышения эффективности функционирования транспортно-логистических процессов промышленных предприятий

Главным богатством современной Республики Ирак (далее Ирак) является нефть, которая дает основные доходы для обеспечения планов социально-экономического развития страны. В то же время, для того чтобы диверсифицировать экономику Ирака и создать дополнительные источники дохода: от сельского хозяйства, промышленности, туризма и других отраслей, требуется ускоренное развитие транспорта, так как транспортная отрасль совместно с торговлей и логистикой является двигателем диверсификации и интегратором народного хозяйства. В свою очередь для того, чтобы транспорт выполнил свойственную ему функцию инициатора экономического прогресса, необходимо внедрять инновации и создавать специальные условия для развития

многообразия форм и инструментов государственной поддержки инноваций на транспорте, проводить научные исследования и подготовку кадров [78].

В настоящее время экономика Ирака нуждается в развитии логистического бизнеса в нефтяном секторе, благодаря которому добычи нефти увеличилась до более чем трех миллионов баррелей в день, а Ирак смог получить более 3 млрд долларов США в месяц дохода от ее экспорта. Поэтому, одним из императивов стратегии социально-экономического развития в стране является формирование современной транспортно-логистической системы.

Согласно ряду исследований под транспортно-логистической системой (ТЛС) понимается совокупность базовых объектов транспортной и логистической инфраструктуры (транспортно-складские комплексы, включая логистические центры), посредством которых осуществляется транспортировка, управление складским хозяйством и запасами, грузопереработка и упаковка грузов) и обеспечивающих подсистем: информационных, финансовых, нормативно-правовых, научно-технических, страховых, кадровых и т. д. Многочисленными исследованиями и практическим опытом доказано, что грамотно организованная логистика позволяет существенно снизить стоимость товаров для потребителя (до 10% и выше), положительно влияет на создание новых рабочих мест в логистическом бизнесе, способствует реализации транзитного потенциала и, как следствие, повышает инвестиционную привлекательность страны. По этим причинам, развитие транспортно-логистической системы Ирака является государственным приоритетом. При этом, успешная реализация планов по развитию национальной ТЛС предполагает наличие соответствующих условий [79].

Исследования, проведенные в Ираке, выявили различные проблемы в функционировании транспортно-логистических процессов на промышленных предприятиях. Среди выявленных проблем - ограниченные инфраструктурные возможности, технологические недостатки, несбалансированное привлечение и использование инвестиций [78]. Кроме того, в секторе транспортной инфраструктуры отмечаются такие проблемы, как угрозы транспортной

безопасности, недостаточная пропускная способность портов и маршрутов, низкий уровень управления. Подчеркивается необходимость совершенствования транспортной логистики для повышения общей эффективности и снижения затрат, при этом особое внимание уделяется важности надлежащего заполнения и оформления документации в электронном виде для повышения конкурентоспособности [79]. Кроме того, расширение транспортных сетей в городах было связано с низкой эффективностью и проблемами доступности, особенно в древних городских районах иракских провинций. Ниже приведены некоторые проблемы транспорта и логистики в Ираке.

Ущерб инфраструктуре. Инфраструктура играет решающую роль в проблемах, с которыми сталкиваются транспортные и логистические службы в Ираке. В стране наблюдается значительное развитие транспортной инфраструктуры [80], при этом автодороги обеспечивают большую часть объема перевозок, а железнодорожная система развита, но сталкивается с такими проблемами, как плохое состояние подвижного состава и путей. Развитие транспортной и логистической инфраструктуры считается неотложной задачей, требующей функционально-структурного подхода [81]. Кроме того, угроза терроризма представляет значительный риск для транспортной инфраструктуры, особенно для автомобильных и железнодорожных сетей. Нефтяная промышленность, ключевой сектор Ирака, также сталкивается с проблемами, связанными с развитием инфраструктуры, включая недостаточный потенциал, угрозы безопасности и необходимость адаптации к глобальным экономическим изменениям [82]. Решение этих проблем необходимо для повышения эффективности и результативности транспортных и логистических услуг.

Риски безопасности, включающие в себя следующие компоненты.

Физическая безопасность. Промышленные предприятия часто имеют дело с дорогостоящими товарами и оборудованием, что делает их уязвимыми для краж, вандализма или несанкционированного проникновения во время транспортировки или хранения. Обеспечение безопасности складов,

распределительных центров и транспортных маршрутов приобретает решающее значение.

Кибербезопасность. С ростом цифровизации цепочек поставок промышленные предприятия сталкиваются с киберугрозами, такими как утечка данных, атаки с целью выкупа или несанкционированный доступ к конфиденциальной информации. Защита цифровых активов, коммуникационных сетей и устройств IoT необходима для снижения рисков кибербезопасности [83].

Ограниченный доступ к финансированию представляет собой серьезную проблему для транспортных и логистических компаний в Ираке. Он препятствует их способности инвестировать в модернизацию оборудования, расширение парка и внедрение передовых технологий для повышения эффективности. В стране доступны различные формы финансирования, как официальные, так и неофициальные, включая банки, кооперативы, государственные программы, венчурные фирмы и партнеров по развитию [84]. Однако доступ к финансовым средствам остается проблематичным из-за таких факторов, как недостаточные навыки подачи документов, отсутствие залога, высокая стоимость займов и длительные процессы согласования. Кроме того, регион сталкивается с препятствиями в финансировании трансграничных инфраструктурных проектов, прогресс в которых ограничен из-за недостаточного финансирования, что сказывается на экономическом и социальном развитии Азиатско-Тихоокеанского региона [85].

Неудовлетворительное складирование и хранение. Наличие современных складских помещений и хранилищ в Ираке ограничено, особенно за пределами крупных городов. Слабая инфраструктура для безопасного и надежного хранения товаров усложняет логистические операции и может привести к проблемам управления запасами [86].

Отсутствие интермодального сообщения между различными видами транспорта (например, автомобильным, железнодорожным, морским) препятствует эффективности цепочек поставок. Повышение интеграции и

координации между видами транспорта может повысить эффективность логистики и снизить затраты [87].

Предполагается, что инновационное развитие ТЛС Ирака будет способствовать решению таких важнейших задач в сфере социального и экономического развития как:

−развитие инфраструктуры ТЛС, снижения ресурсов энергопотребления на всех видах транспорта и повышение уровня безопасности перевозок;

−рост конкурентоспособности производителей на внутреннем и региональном рынках путем снижения транспортно-логистических затрат;

−обеспечение доступа национальных перевозчиков на новые рынки, реализации мероприятий по полному задействованию транзитного потенциала страны, организации надежных транспортных связей с зонами активного инвестиционного развития.

При этом функционирование ТЛС должно максимально соответствовать требованиям потребителей транспортных услуг, основные из которые включают:

−скорость доставки пассажиров и грузов;

−гарантии своевременности выполнения услуг;

−безопасность и экологичность услуг;

−приемлемую цену перевозок пассажиров и грузов;

− повышение качества обслуживания.

Решение этих задач нацелено на формирование благоприятных условий развития национальной ТЛС (смещение акцентов при выработке управленческих решений и ответственности на уровень провинций и уровень предприятий) конкретизации применительно к стратегии и задачам развития провинций.

Важное значение имеет укрепление роли частного сектора в грузовых и пассажирских перевозках. Национальный частный сектор и иностранные инвестиции могут сыграть ключевую роль в улучшении инфраструктуры и создание скоростных магистралей, что позволит создать в Ираке новые

маршруты. Частный сектор может также оказать эффективную помощь в обеспечении различных придорожных услуг.

В настоящее время Ирак нуждается в современных логистических центрах (ТЛЦ), отвечающих современным стандартам переработки грузов (высота потолков, фундамент и полы, рассчитанные на большие нагрузки, погрузочно-разгрузочные механизмы, хорошая вентиляция, подъездные пути для связи с главными автомобильными и железными дорогами, аэропортами и морским портом [91].

Обзор исследований в области моделирования параметров транспортно-логистических систем

За последние годы исследования по моделированию параметров транспортно-логистических систем в Ираке получили значительное развитие. Ниже представлен обзор некоторых методов и подходов, широко используемых в этой области.

Статистический анализ. Используя такие статистические методы как регрессионный анализ [88], проверка гипотез [89] и математическая статистика [90] исследователи могут собирать данные по различным параметрам, таким как виды транспорта, маршруты, типы грузов, а затем использовать статистические инструменты для анализа тенденций, закономерностей и корреляций.

Имитационное моделирование. Играет важнейшую роль в анализе сложных систем, таких как транспортные сети [24, 34] . Использование имитационных моделей позволяет моделировать движение товаров, транспортных средств и людей в системе, что позволяет оценить различные сценарии и понять влияние переменных на эффективность системы. Применение теории игр в транспортном секторе показало значимость имитационного моделирования для определения оптимальных стратегий для государственного и частного транспорта [91]. Кроме того, развитие и преимущества имитационного моделирования, в частности мультиагентного моделирования, были

подчеркнуты в различных областях, включая транспортные системы, улучшение процессов принятия решений и системной безопасности [92]. Кроме того, имитационное моделирование было признано эффективным методом в исследованиях бизнеса и управления, предлагая динамическое отражение реальных сценариев и учитывая поведенческие предположения.

Методы оптимизации играют решающую роль в повышении эффективности транспортно-логистических систем в различных контекстах [7, 8, 27]. Различные методы, такие как линейное программирование, генетические алгоритмы и многоцелевые генетические алгоритмы, используются для оптимизации маршрутов, расписаний и уровней запасов [16, 25]. Например, в исследовании, проведенном в Ираке, сравнивались традиционное линейное программирование и современные генетические алгоритмы для эффективной минимизации транспортных расходов [93]. Кроме того, разработка новых методов решения транспортных задач, например, внедрение нового метода решения транспортных задач с максимизируемой целевой функцией, свидетельствует о постоянных усилиях по улучшению процессов оптимизации в логистике. Более того, использование многоцелевых генетических алгоритмов в моделях оптимизации грузоперевозок демонстрирует применение передовых методов оптимизации для балансировки затрат в транспортных операциях.

Сетевой анализ. Методы сетевого анализа, включающие анализ сетевых потоков, меры центральности и теорию графов [125], используются для анализа потоков товаров и информации в сети и выявления ключевых узлов и связей [94]. Пространственная связанность дорожной сети в таких муниципалитетах, как Аль-Кадимия и Аль-Адхамия, была исследована с помощью индексов теории графов, что подчеркивает важность связанности для развития городов [95].

ГИС. Технологии ГИС широко используется в Ираке для исследований в области транспорта и логистики, позволяя анализировать пространственные данные для принятия решений по маршрутизации и планированию [1]. Используя ГИС, исследователи могут составлять карты транспортных сетей, определять оптимальные маршруты и оценивать пространственное

распределение спроса и предложения. Эти технология играет важную роль в планировании городских перевозок в таких городах, как Багдад, помогая выбрать подходящую транспортную политику и разработать эффективные логистические модели. Кроме того, ГИС помогают оценить эффективность телекоммуникационных сетей и улучшить качество телекоммуникационных услуг с помощью анализа пространственного распределения. Кроме того, методы ГИС помогают анализировать схемы грузоперевозок и определять альтернативные маршруты для оптимизации грузопотоков и снижения транспортных расходов.

Методы прогнозирования играют важную роль в предсказании будущего спроса и потребностей для расчета пропускной способности транспортно-логистических систем. К методам прогнозирования можно отнести как традиционные методы, такие как анализ временных рядов и регрессионный анализ [96], так и современные, такие как искусственные нейронные сети (ИНС) и марковские цепи (МЦ) для прогнозирования состояния дорожного полотна на основе изменений интенсивности движения [96]. Эконометрическое моделирование используется для установления математической зависимости между социально-экономическими факторами и деятельностью аэропорта в Багдадском международном аэропорту. Интеграция новых технологий, таких как алгоритмы искусственного интеллекта и машинное обучение, помогает делать динамичные и точные прогнозы, чтобы соответствовать меняющимся требованиям логистической отрасли.

Анализ рисков [11, 12]. Имеют решающее значение для оценки уязвимости различных секторов, включая транспортные и логистические системы, перед различными рисками и неопределенностями [97]. Эти методы включают в себя вероятностное моделирование, анализ сценариев и картирование рисков для выявления и эффективного снижения потенциальных рисков. Применительно к Ираку исследования по анализу и управлению рисками были сосредоточены на таких секторах как нефтяные проекты, промышленные системы и строительные проекты. Например, в нефтяном секторе были подробно изучены риски,

связанные с операционными, финансовыми, административными, экономическими, политическими и потенциальными факторами для повышения успешности проекта и достижения производственных целей. Аналогичным образом, в строительных проектах точное выявление и оценка рисков имеют решающее значение для контроля и снижения их влияния на стоимость и сроки реализации проекта. Используя передовые методы анализа рисков, можно просчитать будущие риски и смягчить их последствия, обеспечивая бесперебойную работу и успех проекта.

При рассмотрении алгоритмов оптимизации необходимо учитывать такие факторы, как нехватка ресурсов, ограничения безопасности и колебания спроса []. Ниже приведены некоторых алгоритмов, которые могут помочь решить вышеозначенные проблемы.

Генетические алгоритмы. Широко используются для оптимизации транспортных и логистических систем. Исследования показали эффективность генетических алгоритмов в минимизации общих затрат и достижении [98] оптимальных решений для транспортной логистики в различных сценариях [99]. В частности, исследования были посвящены таким областям, как оптимизация логистических путей распределения, проблемы маршрутизации транспортных средств и оптимизация транспортных расходов с помощью генетических алгоритмов. Используя генетические алгоритмы, можно решить сложные логистические задачи, повысить эффективность и найти оптимальные или близкие к оптимальным решения для транспортных проблем. Применение генетических алгоритмов при моделировании транспортных и логистических систем в Ираке демонстрирует их потенциал в улучшении процессов принятия решений и достижении экономически эффективных и результативных логистических операций [98].

Оптимизация с помощью муравьиной колонии (ACO). Данный алгоритм доказал свою эффективность в оптимизации логистических и транспортных систем. В контексте моделирования параметров транспортных и логистических систем Ирака ACO может предложить значительные преимущества. Он

использовалась для решения сложных задач логистического распределения с учетом таких ограничений, как расстояние до транспортного средства и грузоподъемность [100]. Кроме того, ACO успешно применяется в таких задачах, как тегирование части речи, обеспечивая высокую точность и эффективность вычислительных задач [101]. Используя способность ACO находить оптимальные пути и решения в сложных и комбинаторных задачах, можно повысить эффективность и рентабельность транспортных и логистических систем в Ираке, что в конечном итоге приведет к улучшению эксплуатационных характеристик и использованию ресурсов.

Имитация отжига (Simulated Annealing, SA) - ценный инструмент для оптимизации транспортных и логистических систем [102, 103]. SA имитирует физический процесс отжига, что позволяет эффективно исследовать пространство решений и избегать локальных оптимумов [5]. В контексте логистики Ирака SA может помочь в выборе оптимальных городов для распределительных центров на основе таких факторов, как транспортная доступность, способствуя построению эффективных транспортных моделей. Кроме того, способность SA решать сложные, нелинейные и невыпуклые задачи оптимизации, такие как модели экономического количества заказов (EOQ) в управлении запасами, делает его подходящим выбором для совершенствования логистических систем в Ираке. Настраивая такие параметры, как критерии Метрополиса и графики охлаждения, SA может эффективно выходить из локальных экстремумов и достигать хорошей глобальной сходимости, что крайне важно для оптимизации параметров транспортировки и логистики в Ираке.

Оптимизация роя частиц (PSO) - ценный инструмент для оптимизации логистических и транспортных систем. Для Ирака, где оптимизация транспортных и логистических систем имеет решающее значение для экономического роста, PSO может сыграть важную роль. Используя дискретный и нечеткий алгоритмы PSO, можно оптимизировать логистические сети для снижения затрат, повышения эффективности и эффективного интегрирования

ресурсов [104]. Способность PSO находить глобальные оптимальные решения путем корректировки движения частиц на основе персональных и глобальных лучших позиций делает его подходящим подходом для решения задач оптимизации в различных областях, включая логистику и транспорт [105]. Применение PSO для моделирования и оптимизации транспортных и логистических систем в Ираке может привести к рационализации процессов, экономии затрат и повышению общей эффективности [98].

Программирование с ограничениями (CP). В исследованиях подчеркивается важность географического положения при принятии решений о цепочке поставок, при этом линейное программирование используется для выбора городов с высокой связностью для логистических целей [106]. Модели CP используются для оптимизации сетей автономных пересадочных узлов (ATHN) в грузовой отрасли, способствуя экономии средств и повышению операционной эффективности. Разработка новых алгоритмов на основе методов CP показывает возможность применения CP для повышения эффективности перевозок с помощью инновационных решений [107].

Применение информационных технологий в транспортных и логистических системах Ирака повышает эффективность, надежность и безопасность различными способами. Во-первых, цифровые инициативы позволяют собирать и организовывать обширные данные для разработки графического программного обеспечения и коммуникационных сетей [108]. Во-вторых, использование цифровых систем в транспортной логистике способствует эффективному стратегическому управлению с помощью анализа данных и методов управления рисками, обеспечивая соблюдение условий оплаты и эффективную транспортировку грузов [109]. Кроме того, информационные технологии оптимизируют загрузку транспорта, скорость доставки, качество обслуживания и эксплуатационные расходы, обеспечивая качественные показатели для планирования перевозок и повышая общее качество услуг [110]. Используя эти технологии, Ирак может значительно

улучшить свои транспортные и логистические системы. Вот некоторые способы применения таких технологий.

Системы управления перевозками (TMS). Программное обеспечение TMS может быть использовано для оптимизации различных аспектов транспортных операций, включая управление заказами, оптимизацию загрузки, выбор перевозчика и отслеживание грузов. Это повышает общую эффективность транспортных процессов и снижает затраты.

Предиктивная аналитика. Играет важную роль в прогнозировании спроса, выявлении «узких мест» и оптимизации уровня запасов в различных отраслях, включая логистические операции. В контексте грузовых перевозок прогностические модели используются для оценки матрицы «происхождение - место назначения» (O-D) грузового транспорта, что помогает лицам, принимающим решения, оценивать и эффективно осуществлять грузовые перевозки. Анализируя прошлые данные и закономерности, предиктивная аналитика позволяет принимать более эффективные стратегические решения, снижать риски и управлять ресурсами, что в конечном итоге повышает операционную эффективность и скорость реагирования.

Датчики IoT (Интернета вещей). Играют важнейшую роль в оптимизации перевозок, собирая данные о различных факторах, таких как температура, влажность, местоположение и производительность транспортного средства [111]. Эти данные позволяют оптимизировать маршрут, повышают безопасность и обеспечивают целостность перевозимых грузов. Например, в контексте интеллектуальных транспортных систем датчики IoT используются для задач мониторинга, основанных на обнаружении движения и отслеживании объектов, что способствует эффективному сбору данных и управлению ими. Кроме того, IoT-устройства используются для сбора информации о прослеживаемости продукции на этапах транспортировки, что помогает компаниям отслеживать состояние и местонахождение продукции на протяжении всей цепочки поставок. Используя технологию IoT, компании могут улучшить свои логистические операции, повысить конкурентоспособность и обеспечить лучшие условия

транспортировки, что выгодно всем заинтересованным сторонам, участвующим в логистической цепи.

Технология блокчейн. Блокчейн можно использовать для создания прозрачных и защищенных от несанкционированного доступа записей о транзакциях и поставках по всей цепочке поставок [45, 46]. Это повышает доверие, уменьшает количество споров и улучшает отслеживаемость товаров, особенно в сценариях трансграничных перевозок.

Интегрируя эти информационные технологии и системы в транспортно-логистические операции в Ираке, страна сможет повысить свою конкурентоспособность, улучшить инфраструктуру и лучше удовлетворять потребности своей растущей экономики. Кроме того, это может способствовать общему развитию и модернизации транспортного сектора в регионе.

Существует несколько программных продуктов для моделирования транспортных и логистических систем, которые могут быть полезны в различных контекстах, в том числе и в Ираке.

AIMMS - это универсальная система моделирования, которая позволяет решать задачи программирования с ограничениями и предлагает удобный интерфейс для технологии CP [112]. Она позволяет оптимизировать транспортные и логистические операции, включая планирование маршрутов, оптимизацию распределительных сетей и управление цепями поставок. AIMMS облегчает создание интеллектуальных логистических моделей гибкого распределения, оптимизируя стратегии распределения с помощью рациональных систем оценки и математических моделей для гибких распределительных центров и маршрутов [98]. Кроме того, AIMMS поддерживает разработку моделей многоцелевого целочисленного программирования для интеллектуальной укладки контейнеров на судах, повышая производительность и операционную эффективность портов [113]. Кроме того, AIMMS предоставляет виртуальные трехмерные эталонные трассы для моделирования автомобильных и железнодорожных систем, предлагая

инструменты для управления, анализа и обработки данных в сфере общественного транспорта.

AnyLogic - универсальный инструмент имитационного моделирования, подходящий для моделирования различных систем, в том числе транспортных и логистических. Он позволяет пользователям создавать сложные модели путем интеграции методов дискретно-событийного, агентного и системно-динамического моделирования [114]. Например, в контексте складских операций AnyLogic использовался для моделирования различных сценариев оптимизации работы складского комплекса [4]. Кроме того, программное обеспечение применялось в телекоммуникационных системах для визуализации процессов и состояний устройств, помогая в образовательных проектах для студентов [5]. Кроме того, AnyLogic сыграл важную роль в исследованиях автономных транспортных систем, предложив метод обмена информацией между парами для лучшего понимания архитектуры и механизмов системы. В целом, многометодный подход AnyLogic делает его ценным инструментом для моделирования и оптимизации различных систем.

TransCAD - это мощная геоинформационная система, предназначенная для специалистов в области транспорта и объединяющая ГИС с моделями прогнозирования спроса на транспортные услуги [115]. Она помогает хранить, управлять и анализировать данные о дорожном движении, что необходимо для планирования движения и прогнозирования спроса. Программное обеспечение облегчает моделирование сетей, оптимизацию маршрутов и транспортный анализ, что очень важно для планирования городского транспорта. Кроме того, оптимизация трассировки транспортной сети предполагает определение оптимальных дополнительных точек для минимизации общей длины сети, что способствует эффективному планированию городов и поселений. Кроме того, разработка системы автоматизированного проектирования для оценки решений по организации дорожного движения на основе различных критериев может способствовать устойчивому экономическому росту за счет оптимизации решений по управлению движением [116]. По сути, TransCAD служит

комплексным инструментом для моделирования транспортных систем, предлагая ценные возможности для профессионалов в этой области.

PTV Visum - это универсальное программное обеспечение для транспортного планирования, используемое для моделирования и анализа транспортных систем [117]. Оно предлагает функции для моделирования движения, оценки маршрутов и оптимизации. Например, в городе Думай PTV Visum использовалась для оценки эффективности маршрутов грузового транспорта, выявления зон, подверженных заторам, и рекомендации по расширению дорог для улучшения транспортного потока. Аналогичным образом, в Санкт-Петербурге программное обеспечение использовалось для повышения пропускной способности транспортных узлов путем оптимизации светофоров и реконструкции дорожной сети. Кроме того, PTV Visum помогает синхронизировать расписания пригородных поездов и местных автобусов, сокращая время ожидания и повышая общую эффективность транспорта. В целом, PTV Visum помогает решать различные транспортные проблемы, предоставляя возможности детального моделирования и анализа.

Прежде чем выбрать программный продукт, необходимо учесть такие факторы, как конкретные требования к проекту моделирования, функции и возможности программного обеспечения, а также наличие ресурсов поддержки и обучения. Кроме того, нелишним будет проконсультироваться с экспертами в области транспортного и логистического моделирования, чтобы определить наиболее подходящее программное обеспечение для ваших нужд.

1.2. Моделирование параметров оценки эффективности функционирования буферных емкостей хранения и номинальных скоростей отгрузки готовой продукции на промышленной площадке комбината

Комбинат выпускает некоторое исходное множество видов готовой продукции ГП = {К, ФП, СП}, где К= $\overline{1,3}$ – производственные концентраты, ФП=

$\overline{1,3}$ – фракционированные пески, СП = $\overline{1,3}$ – пески для стекольной промышленности (таблица 1.1, рисунок 1.1, 1.2, 1.3) [123].

Таблица 1.1 – Анализ структуры и объемов производимой продукции

Номенклатура		**Производительность**		
		т/ч	**т/сут.**	**т/год**
Концентраты	К1	1,4	33,5	11 400
	К2	0,45	10,8	3 682
	К3	0,1	2,3	760
Итого, концентраты:				**15 866**
Фракционированные пески	ФП 1 (-5,0 + 1,2 мм)	0,8	18,8	6 383
	ФП2 (-1,2 + 0,8 мм)	1,7	41,4	14 088
	ФП 3 (-0,2 + 0,1 мм)	4,7	114,6	38 985
Итого, фракционные пески:				**59 456**
Пески для стекольной промышленности	СП1 (С 070 (-0,2 + 0,1 мм))	8,7	208,86	71 013
	СП2 (ВС 030 (-0,8 + 0,2 мм))	12,23	293,59	99 820
	СП3 (ВС 050 (-0,2 + 0,1 мм))	17,6	423,3	143 923
Итого, пески для стекольной промышленности:				**314 756**
Итого:				**390 078**

В транспортно-логистическом терминале отгрузка готовой продукции осуществляется двумя способами, s =$\overline{1,2}$ (s =1 – навалом, s = 2 - в мягкий контейнер — контейнер из полипропиленовой ткани (биг-бег весом 1000 кг) (МКР)).

На территории комбината можно выделить некоторое исходное множество зон хранения готовой продукции ЗХ = {$ЗХ_1$, $ЗХ_2$, $ЗХ_3$, $ЗХ_4$, $ЗХ_5$, $ЗХ_6$}: $ЗХ_1$ - зона хранения производственных концентратов; $ЗХ_2$ - зона хранения фракционированного песка в МКР; $ЗХ_3$ - зона хранения навалом фракционированного песка с помощью силоса; $ЗХ_4$ - зона хранения фракционированного и стекольного песка навалом с помощью силосов; $ЗХ_5$ - зона хранения стекольного песка в МКР; $ЗХ_6$ - зона хранения влажного песка навалом [123] (рисунок 1.4).

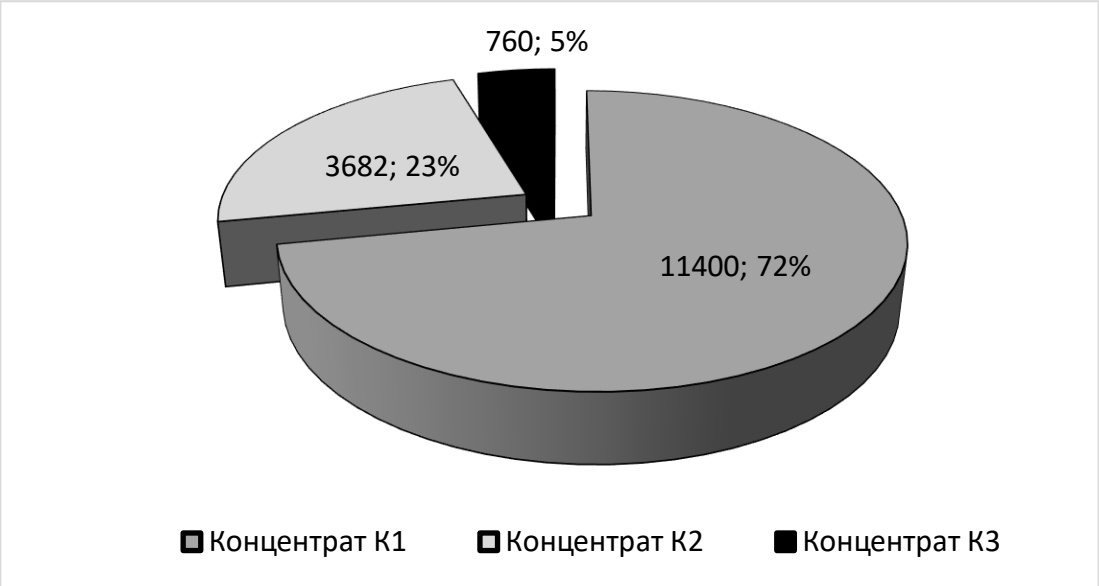


Рисунок. 1.1 – Годовая структура производства концентратов, т, %

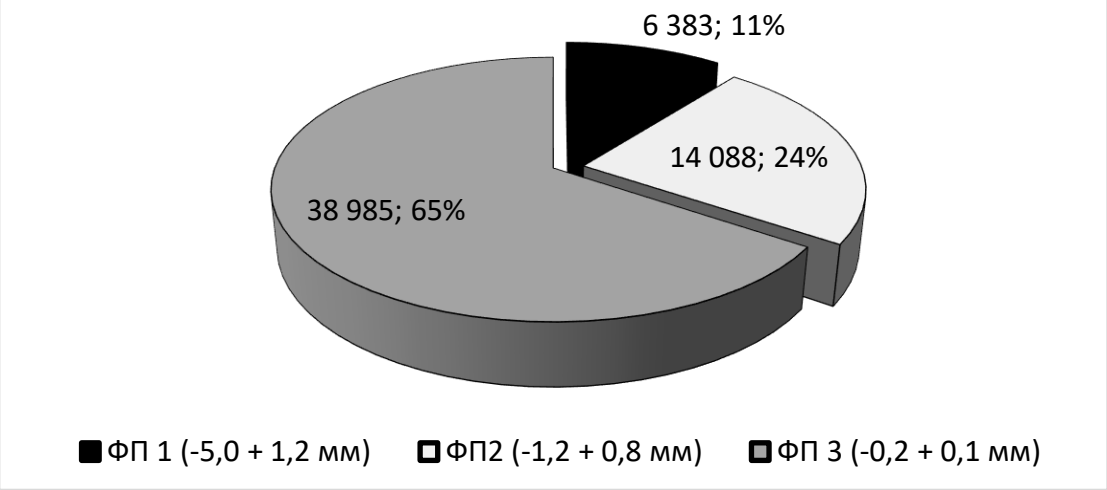
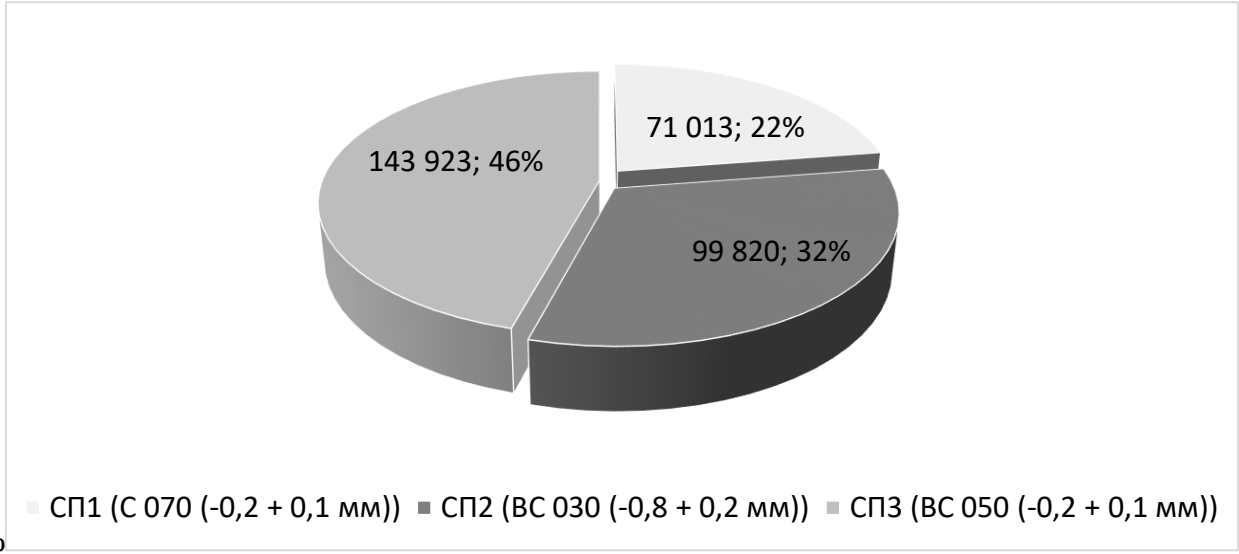


Рисунок. 1.2 – Годовая структура выпуска фракционированных песков, т,



%

Рисунок. 1.3 – Годовая структура производства песков для стекольной промышленности, т, %

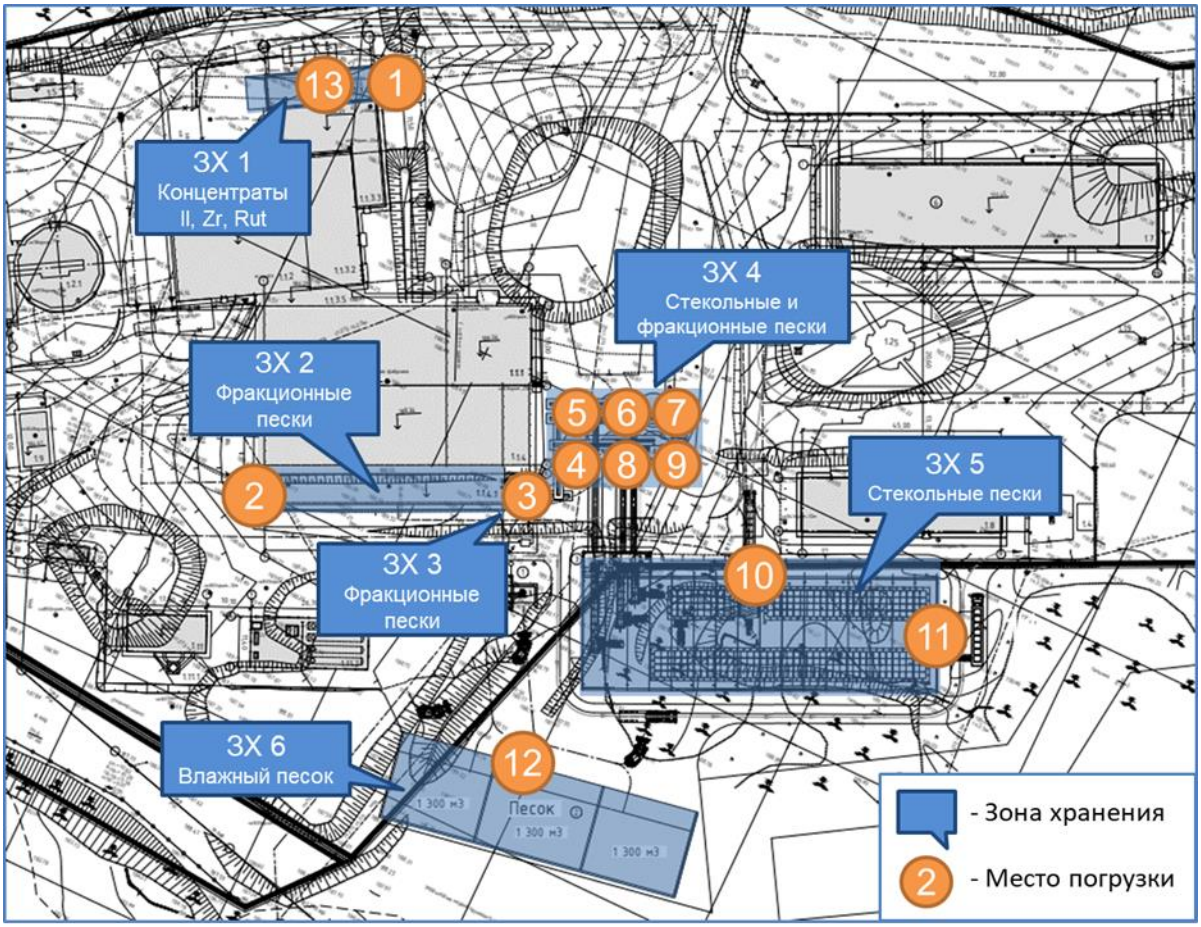


Рисунок 1.4 – Общая схема территории промышленной площадки комбината с обозначенными зонами хранения и местами погрузок готовой продукции

На предприятии готовую продукцию отгружают в специально оборудованных местах, исходя из технологических свойств и специфики произведенной продукции [28], а также способа отгрузки (s) (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Матрица сопряжений мест хранения и погрузки готовой продукции комбината

Продукция			Зона хранения	Места погрузки												
Тип	Тара	Фракция		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
К1	МКР	-	$ЗХ_1$	+												
	Навал		$ЗХ_1$													+
К2	МКР	-	$ЗХ_1$	+												
К3	МКР	-	$ЗХ_1$	+												
Фракционированные пески	МКР	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_2$		+											
		(-1,2+0,8 мм)	$ЗХ_2$		+											
		(-5,0+1,2 мм)	$ЗХ_2$		+											
	Навал (сух.)	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_3$				+									
		(-1,2+0,8 мм)	$ЗХ_3$			+										
		(-5,0+1,2 мм)	$ЗХ_3$			+										
	Навал (влаж.)	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_6$												+	
		(-1,2+0,8 мм)	$ЗХ_6$												+	
		(-5,0+1,2 мм)	$ЗХ_6$												+	
Стекольные пески ВС-050-1	МКР	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_5$										+	+		
	Навал	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_4$					+	+							
Стекольные пески С-070-1	МКР	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_5$										+	+		
	Навал	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_4$							+						
Стекольные пески ВС-030-В	МКР	(-0,8+0,2 мм)	$ЗХ_5$										+	+		
	Навал	(-0,8+0,2 мм)	$ЗХ_4$								+	+				

Номенклатура отгрузки $ЗХ_1$ представляет собой производственные концентраты К1, К2, К3. Каждая из номенклатур хранится в силосе-бункере емкостью $V_б$ = 15 м^3, имеющим определенную скорость наполнения (производительность, $П_н$) (таблица 1.3). Отгрузка готовой продукции может производиться в МКР и/или навалом из бункера с концентратами с помощью конвейера. Место погрузки МКР оборудовано кран-балкой 2,0 т.

Участок отгрузки представляет собой крытый навес, где погрузка в машину осуществляется сверху с помощью кран-балки или конвейера. Одновременно может происходить загрузка одного автомобиля. Время погрузки 1 МКР в автомобиль рассчитывается исходя из времени работы кран-балки. Время подвоза МКР погрузчиком не превышает время работы кран-балки. Производительность упаковочной машины составляет 30 т/ч [123].

Таблица 1.3 – Расчет объемов буферов хранения готовой продукции для $ЗХ_1$

Продукция	**Производительность ($П_н$) (наполнение буфера)***				**Емкость буферов хранения****		
	т/ч		**т/сут.**	**т/мес.**			
	Макс.	**Мин.**	**Макс.**	**Макс.**	**$м^3$**	**т**	**МКР**
К1	1,40	1,2	33,5	950,8	15	27,75	27
К2	0,45	0,4	10,8	306,6	15	38,1	38
К3	0,10	0,1	2,3	778,0	15	27,75	27
*На производительность наполнения буфера могут оказывать влияние погодные условия и время года ** При расчете емкости буферов хранения использовался коэффициент насыпной плотности концентратов: К1 = 1,85 т/$м^3$; К2 = 2,54 т/$м^3$; К3 = 1,85 т/$м^3$.							

Для расчета номинальной скорости погрузки v, т/ч, МКР/ч и времени загрузки 1 машины Т, мин. были использованы следующие соотношения [38]: $v = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=N} t_i}$, где t_i – суммарное время i-х операций, необходимых для погрузки 1 МКР. В зависимости от зоны хранения и способа погрузки в это время входят различные операции ($i = \overline{1,N}$), такие как: подъем-спуск кран-балки; время 1 поездки погрузчика; строповка; наполнение ковша (для влажного песка) и т.п. (таблица 1.4); $Т = \frac{M}{v} + \sum_{j=1}^{j=K} t_j^*$, где М – грузоподъемность машины, т, или вместимость МКР; v – номинальная скорость загрузки, т/ч (МКР/ч); t_j^* – время, необходимое на подготовку машины к погрузке, которое не зависит от количества нагружаемой продукции. В зависимости от зоны хранения и способа погрузки в это время входит время различных операций ($j = \overline{1,К}$), такие как парковка под силосом/кран-балкой, тентовка-растентовка, подготовка для загрузки песка навалом и т.д.

Из общей формулы v = 1 / t в параметр t входят время одной поездки численно равное отношению среднего хода крана и скорости, а также величина подъем-спуска крана = 0,5 мин и время строповки = 1 мин. Таким образом, время одной поездки равного 7,5 м / 20 м/мин. = 0,375 мин., а t = 0,5 + 1 + 0,375 = 1,875мин., тогда v = 1 / (1,875 / 60) (с переводом минут в часы) = 32 МКР / ч.

Таблица 1.4 – Расчет номинальной скорости погрузки машины в $ЗХ_1$, место загрузки 1 (погрузка МКР кран-балкой) исходные данные (из паспорта кран-балки)

Параметр	Значение
Высота подъема, м	9
Пролет крана, м	4,2
Общая длина крана, м	5,4
Грузоподъемность, т	2
Скорость, м/мин.	20
Длина хода крана, м	15
Средний ход крана, м	7,5
Строповка, мин (1 шт.)	1
Подъем-спуск крана, мин (1 шт.)	0,5

Для расчета времени загрузки 1 машины в ЗХ1 при погрузке МКР кран-балкой были использованы следующие показатели М = 21 т, v = 32 т/ч, t’ – определялось набором следующих параметров: парковка-выезд машины – 2 мин.; тентовка – 9 мин; растентовка – 9 мин. Тогда, Т = 21 / 32*60 + (2 + 9 +9) = 59,4 мин. (таблица 1.5).

Для расчета времени загрузки 1 т производственных концентратов в автомобиль, грузоподъемностью в 22 т навалом для $ЗХ_1$, место погрузки 13 были использованы следующие показатели (таблица 1.6) [123].

Номенклатура для отгрузки $ЗХ_2$ представлена фракционированными песками фракций: (-0,2+0,1 мм); (-1,2+0,8 мм); (-5,0+1,2 мм) с емкостью буфера хранения 272 МКР (таблица 1.7). Отгрузка продукции осуществляется в МКР. Место погрузки оборудовано кран-балкой 3,2 т. Место отгрузки представляет собой тупик, в который технически может разместиться два автомобиля (один за другим). Одновременная погрузка двух автомобилей невозможна и не эффективна по времени, т.к. сначала необходимо будет загружать машину, которая ближе к выезду, что в свою очередь увеличит время работы кран-балки [64]. Внутри помещения установлены две упаковочные машины производительностью 30 т/час каждая, а также склад, с которого и будет осуществляться погрузка. Погрузка в машину будет осуществляться верхним

способом с помощью кран-балки с расчетным временем погрузки 68,1 мин. (таблица 1.8).

Таблица 1.5 – Расчет времени загрузки 1 МКР в автомобиль кран-балкой для $ЗХ_1$, место погрузки 1

Параметр	**Значение**
Высота подъема, м	9
Пролет крана, м	4,2
Общая длина крана, м	5,4
Грузоподъемность, т	2
Скорость, м/с	0,33
Скорость, м/мин.	20
Длина хода крана, м	15
Средний ход крана, м	7,5
Средняя длительность одной «поездки», мин.	0,375
Строповка, мин. (шт.)	1
Подъем-спуск крана, мин. (шт.)	0,5
Парковка-выезд машины, мин.	2
Тентовка, мин.	9
Растентовка, мин.	9
Количество МКР в ТС	21
Время загрузки 1 автомобиля (21 МКР), мин.	59,4
Скорость загрузки, т/ч	**32,0**

Таблица 1.6 – Расчет времени загрузки 1 т в автомобиль навалом для $ЗХ_1$, место погрузки 13.

Параметр	**Значение**
Номинальная скорость отгрузки, т/ч	40
Время загрузки 1 т, мин.	1,50
Парковка машины под силосом, мин.	3,0
Подготовка машины к погрузке, мин.	4,0
Выезд из-под силоса, мин.	1,0
Грузоподъемность машины, т	22
Время загрузки 1 машины, мин.	41,0
Скорость загрузки, т/ч	**40,0**

Таблица 1.7 – Расчет буферов хранения готовой продукции $ЗХ_2$ (режим работы производства – круглосуточно)

Продукция	**Производительность (наполнение буфера)***				**Емкость буферов хранения**
	т/ч		**т/сут.**	**т/мес.**	
	Макс.	**Мин.**	**Макс.**	**Макс.**	**МКР**
Фракционированный песок (-0,2+0,1 мм)	1,70	1,5	41,4	1 174,0	272
Фракционированный песок (-1,2+0,8 мм)	0,80	0,7	18,8	531,9	
Фракционированный песок (-5,0+1,2 мм)	4,70	4,1	114,6	3 248,8	
*На производительность наполнения буфера могут оказывать влияние погодные условия и время года					

Таблица 1.8. – Расчет времени загрузки 1 МКР в автомобиль кран-балкой $ЗХ_2$

Параметр	**Значение**
1	**2**
Высота подъема, м	6
Пролет крана, м	6
Общая длина крана, м	6,6
Грузоподъемность, т	3,2
Скорость, м/с	0,33
Скорость, м/мин.	20
Длина хода крана, м	40
Средний ход крана, м	20
Средняя длительность одной «поездки», мин.	1
Строповка, мин (шт.)	1
Подъем-спуск крана, мин (шт.)	1
Въезд-выезд машины с места погрузки, мин	2
Тентовка, мин.	9
Растентовка, мин.	9
Грузоподъемность автомобиля, т	21
Время загрузки 1 автомобиля, мин.	68,1
Скорость загрузки, т/ч	**20,0**

Номенклатура для отгрузки $ЗХ_3$ - фракционированные пески фракции: (-1,2+0,8 мм); (-5,0+1,2 мм) (таблица 1.9) [123]. Отгрузка продукции осуществляется навалом. Погрузочная техника: отсутствует.

На данном участке погрузка навалом осуществляется следующим образом: до силоса (влажный песок) в $ЗХ_6$; из силоса с технологической скоростью отгрузки 40 т/ч (таблица 1.10).

Таблица 1.9 – Расчет буферов хранения готовой продукции (режим работы производства – круглосуточно) $ЗХ_3$

Продукция	**Производительность (наполнение буфера)***				**Емкость буферов хранения****	
	т/ч		**т/сут.**	**т/мес.**		
	Макс.	**Мин.**	**Макс.**	**Макс.**	**$м^3$**	**т**
Фракционированный песок (-1,2+0,8 мм)	1,70	1,5	41,4	1174,0	114	159,6
Фракционированный песок (-5,0+1,2 мм)	0,80	0,7	18,8	531,9	114	159,6
*На производительность наполнения буфера могут оказывать влияние погодные условия и время года **При расчете емкости буферов хранения использовался коэффициент плотности фракционированного и стекольного песка 1,4 т/$м^3$.						

Таблица 1.10 – Расчет времени загрузки 1 т навалом в автомобиль $ЗХ_3$

Параметр	**Значение**
Номинальная скорость отгрузки, т/ч	40
Время загрузки 1 тонны, мин.	1,50
Парковка автомобиля под силосом, мин.	3,0
Подготовка автомобиля к погрузке, мин.	4,0
Выезд из-под силоса, мин.	1,0
Грузоподъемность автомобиля, т	22
Время загрузки 1 автомобиля, мин.	*41,0*
Скорость загрузки, т/ч	***40,0***

Номенклатура для отгрузки $ЗХ_4$ представлена фракционированными и стекольными песками (таблица 1.11).

Таблица 1.11 – Основные виды продукции и места погрузки для $ЗХ_4$

Продукция			Место погрузки					
Тип	**Тара**	**Фракция**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Фракционированные пески	Навал	(-0,2+0,1 мм)	+					
Стекольные пески ВС-050-1	Навал	(-0,2+0,1 мм)		+	+			
Стекольные пески С-070-1	Навал	(-0,2+0,1 мм)				+		
Стекольные пески ВС-030-В	Навал	(-0,8+0,2 мм)					+	+

На данном месте отгрузки существует три фронта, т.е. одновременно может грузиться 3 машины. Фронты распределены по парам силосов 4-5, 6-8 и 7-9 (таблица 1.12). Из мест погрузки 5, 6, 7, 8 и 9 конвейеры перемещают стекольный песок на $ЗХ_5$.

Номинальная скорость отгрузки на всех местах погрузки $ЗХ_4$ составляет 100т/ч (таблица 1.13).

Номенклатура для отгрузки $ЗХ_5$ представлена следующими видами продукции: стекольные пески ВС-050-1 фракции (-0,2+0,1 мм); стекольные пески С-070-1 фракции (-0,2+0,1 мм); стекольные пески ВС-030-В фракции (-0,8+0,2 мм) (таблица 1.14). Отгрузка продукции осуществляется в МКР. Погрузочная техника: представлена погрузчиками 2,5 т - 3 шт. и погрузчиками 1,5 т – 2 шт.

Таблица 1.12 – Расчет буферов хранения готовой продукции $ЗХ_4$.

Продукция	**Производительность (наполнение буфера)***				**Емкость буферов хранения****	
	т/ч		**т/сут.**	**т/мес.**		
	Макс.	**Мин.**	**Макс.**	**Макс.**	**$м^3$**	**т**
Фракционированные пески	4,70	4,1	114,6	3248,8	389	544,6
Стекольные пески ВС-050-1	17,60	15,4	423,3	11993,6	635	889
					635	889
Стекольные пески С-070-1	8,70	7,6	208,9	5917,8	635	889
Стекольные пески ВС-030-В	12,23	10,7	293,6	8318,3	389	544,6
					389	544,6

*На производительность наполнения буфера могут оказывать влияние погодные условия и время года

**При расчете емкости буферов хранения использовался коэффициент плотности фракционированного и стекольного песка 1,4 $т/м^3$.

Таблица 1.13 – Расчет времени загрузки 1 т навалом в автомобиль $ЗХ_4$

Параметр	**Значение**
Номинальная скорость отгрузки, т/ч	100
Время загрузки 1 тонны, мин.	0,60
Парковка автомобиля под силосом, мин.	3,0
Подготовка автомобиля к погрузке, мин.	4,0
Выезд из-под силоса, мин.	1,0
Грузоподъемность автомобиля, т	22
Время загрузки 1 автомобиля, мин.	21,20
Скорость загрузки, т/ч	**100,00**

Таблица 1.14 – Расчет буферов хранения готовой продукции $ЗХ_5$

Продукция	**Производительность (наполнение буфера)***				**Емкость буферов хранения, МКР**
	т/ч		**т/сут.**	**т/мес.**	
	Макс.	**Мин.**	**Макс.**	**Макс.**	
Стек. ВС-050-1 (-0,2+0,1 мм)	17,60	15,4	423,3	11993,6	681
Стек.С-070-1 (-0,2+0,1 мм)	8,70	7,6	208,9	5917,8	
Стек. ВС-030-В (-0,8+0,2 мм)	12,23	10,7	293,6	8318,3	
*На производительность наполнения буфера могут оказывать влияние погодные условия и время года					

По конвейерам на склад поступает стекольный песок фракций, перечисленных выше. Для упаковки каждой из номенклатур установлены 3 упаковочные машины. С механизма подачи МКР производится складирование мешков в помещении склада с помощью 3-х погрузчиков грузоподъемностью 2,5 тонны. Складируют мешки навалом на полу в 2 яруса. Песок на складе подвергается проверкам на качества. Если стекольный песок не проходит проверку, то может быть переведен во фракционированный песок и все равно подлежит сбыту. Погрузку в автомобиль планируется осуществлять с помощью двух погрузчиков грузоподъемностью 1,5 т (по одному мешку) торцевым способом с двух пандусов (таблица 1.15). Возможна параллельная погрузка двух транспортных средств. Производительность упаковочных машин составляет 30т/ч.

Таблица 1.15 – Расчет времени загрузки 1 МКР в автомобиль погрузчиком $ЗХ_5$

Параметр	Значение
Грузоподъемность, т	1,5
Скорость, км/ч	5
Скорость, м/мин.	83,33
Длина склада, м	65
Ширина склада, м	25
Среднее расстояние 1 поездки, м	26,1
Средняя длительность 1 «поездки», мин.	0,31
Строповка (1 МКР), мин.	1
Погрузка (1 МКР), мин.	1
Крепление 1 МКР, мин.	0,5
Парковка автомобиля, мин.	3
Грузоподъемность автомобиля, т	21
Время загрузки 1 автомобиля, мин.	*68,1*
Скорость погрузки, т/ч	***21,3***

Номенклатура для отгрузки $ЗХ_6$ представлена влажными песками (таблица 1.16). Отгрузка продукции осуществляется навалом на улице. Погрузочная техника представлена ковшовым погрузчиком (таблица 1.17).

Таким образом, в результате проведенных исследований были смоделированы параметры времени загрузки одного автомобиля T (21 МКР), мин. и скорости загрузки, v, т/ч (таблица 1.18, рисунок 1.5), а также методом наименьших квадратов построена регрессионная взаимосвязь вида $T= 938{,}02v^{-0{,}843}$ и определен коэффициент корреляции $R^2 = 0{,}96$, позволившие выделить для всех мест хранения на промышленной площадке зоны эффективной и неэффективной загрузки готовой продукции комбината [123].

Таблица 1.16 – Расчет буферов хранения готовой продукции $ЗХ_6$

Продукция	**Производительность (наполнение буфера)***				**Емкость буферов хранения**
	т/ч		**т/сут.**	**т/мес.**	
	Макс.	**Мин.**	**Макс.**	**Макс.**	**м^3**
Влажный песок	21,90	10,68	529,36	14 998,58	3 900
*На производительность наполнения буфера могут оказывать влияние погодные условия и время года					

Таблица 1.17 – Расчет времени загрузки 1 т влажного песка навалом в автомобиль $ЗХ_6$

Параметр	**Значение**
Объем ковша погрузчика, $м^3$	2,5
Плотность влажного песка, $т/м^3$	2
Масса песка в одном ковше, т	5
Ковшей для полной загрузки, шт.	5
Перемещения погрузчика для 1 ковша, мин.	0,5
Время наполнения 1 ковша погрузчиком, с	10
Время наполнения 1 ковша погрузчиком, мин.	0,17
Скорость загрузки 1 ковша в автомобиль, с	10
Скорость загрузки 1 ковша в автомобиль, мин.	0,17
Подъезд автомобиля к МП, мин.	3
Грузоподъемность автомобиля, т	22
Время загрузки 1 автомобиля, мин.	*9,0*
Скорость загрузки, т/ч	***225,0***

Таблица 1.18 – Сводные показатели времени и скорости загрузки по зонам хранения продукции комбината

Параметры	**Зоны хранения**					
	$ЗХ_1$	**$ЗХ_2$**	**$ЗХ_3$**	**$ЗХ_4$**	**$ЗХ_5$**	**$ЗХ_6$**
Время загрузки одного автомобиля (21 МКР, мин.)	59,4	68,1	41,0	21,2	9,0	68,1
Скорость загрузки, т/ч	32,0	20,0	40,0	100	225	21,3

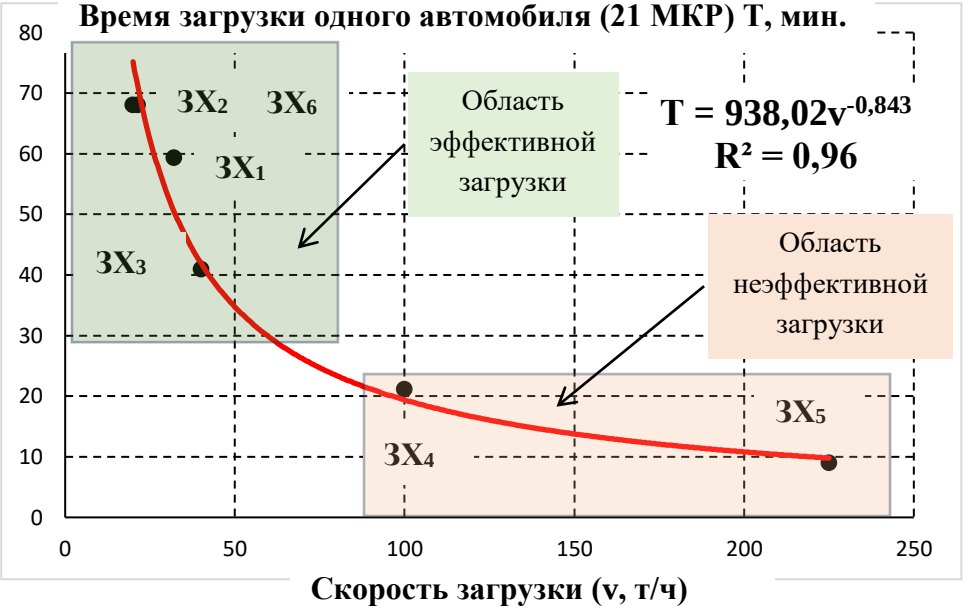


Рисунок 1.5 – Зависимость времени загрузки одного автомобиля (21 МКР), мин. от скорости загрузки v, т/час для исходного множества зон хранения готовой продукции ЗХ = {$ЗХ_1$, $ЗХ_2$, $ЗХ_3$, $ЗХ_4$, $ЗХ_5$, $ЗХ_6$}

Аналогичным образом было получено семейство прогнозных кривых для различных вариантов грузоподъемности транспортных средств, выделяемых под погрузку в зонах хранения готовой продукции комбината в диапазоне от 10 до 41 т. (рисунок 1.6) [123].

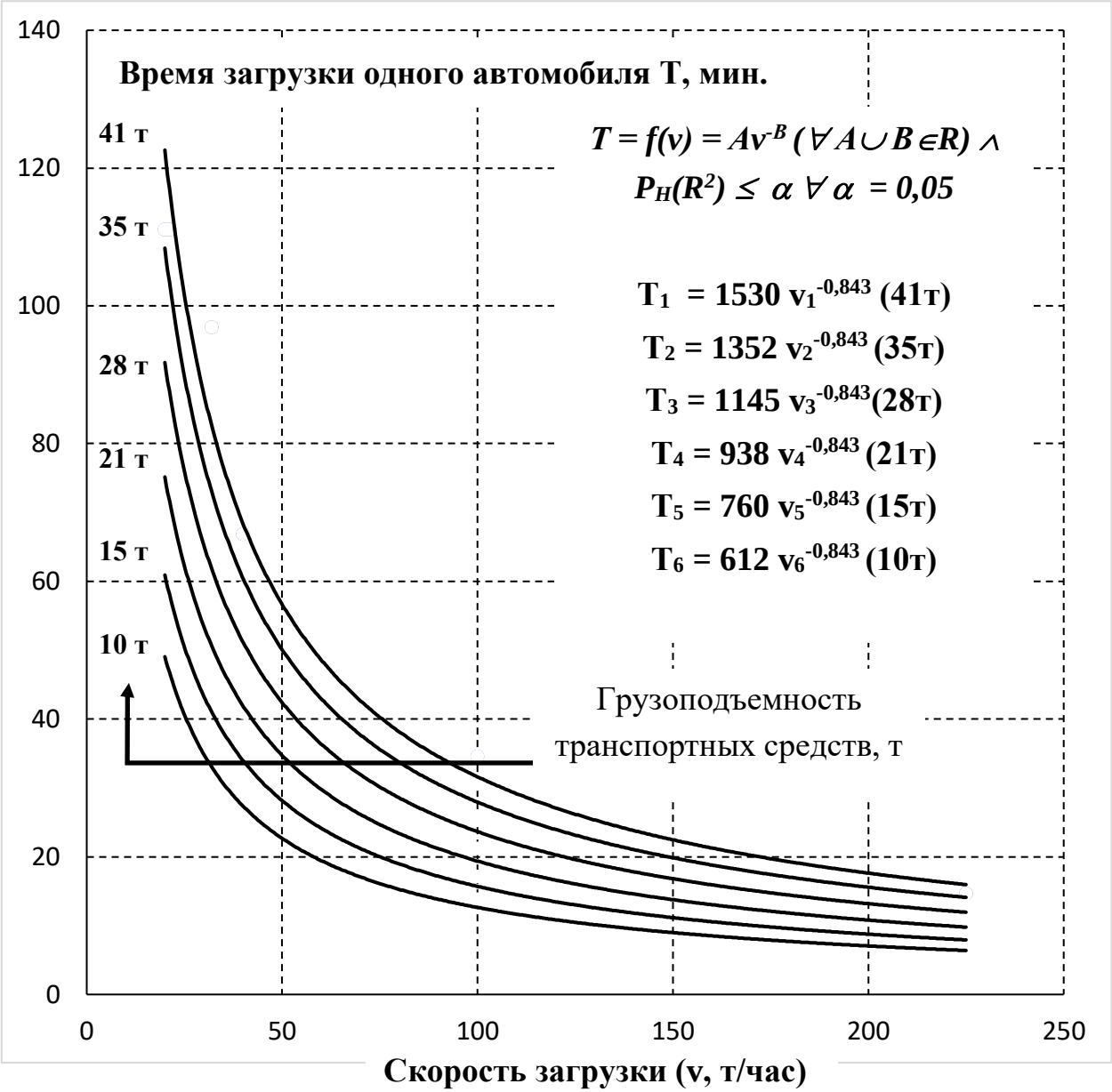


Рисунок 1.6 – Прогнозные зависимости времени загрузки одного автомобиля Т, мин. от скорости загрузки *v*, т/ч для различной грузоподъемности транспортных средств, выделяемых под погрузку в зонах хранения готовой продукции комбината

1.3. Выявление, анализ и прогнозирование параметров риска безотказной погрузки готовой продукции на промышленной площадке комбината

При рассмотрении производственной задачи определения параметров функционирования погрузочного терминала промышленной площадки комбината был произведен расчет риска отгрузки произведенной продукции (безотказной работы буферной емкости погрузки) ($R_{бе}$). В данной постановке ($R_{бе}$) складывается из двух составляющих $R_{бе}= R_{пс} + R_{пт}$: риск переполнения склада и остановки производства из-за отсутствия места хранения готовой продукции ($R_{пс}$); риск простоя транспортных средств ввиду отсутствия готовой продукции и невыполнения договорных обязательств по ее доставке конечному потребителю ($R_{пт}$). В традиционной постановке, каждый из этих рисков является функцией ущерба от данного вида риска и вероятности его возникновения [44]. Рассматривая вероятностную компоненту для условий данной задачи, можно определить, что вероятность возникновения риска будет зависеть от ряда составляющих, среди которых необходимо отметить следующие: производительность наполнения буфера хранения готовой продукции $П_н$, т/ед.t.; емкость буфера хранения готовой продукции $Е_б$, $м^3$ или т; скорость/производительность разгрузки буфера хранения v, т/ед.t. Таким образом, вероятность наступления рискового события есть некоторая функция $P = f (П_н, Е_б, v)$.

Исходя из специфики производственного процесса (см. рисунок 1.4)), интенсивность заполнения минимально необходимого уровня буферной емкости хранения готовой продукции ($БХ_{min}$, $м^3$) характеризуется функцией производительности заполнения буферной емкости хранения готовой продукции, $м^3$/ед.t, $ПЗБХ_f = \{(t, ПЗБХ (t)) \in T \times ПЗБХ \mid t \in T\}$. При этом, результирующий вектор прироста/снижения объема готовой продукции в емкости хранения $м^3$/ед.t, будет определяться функцией $РВГП_f = \{(t, РВГП (t)) \in T \times РВГП \mid t \in T\}$, зависящей от векторной суммы двух компонент

$\overline{РВГП_f} = \overline{ПЗБХ_f} + \overline{ПРБХ_f}$, где

$РВГП_f$ – функция результирующего вектора прироста/снижения объема готовой продукции в емкости хранения м^3/ед.t, $РВГП_f = \{(t, РВГП(t)) \in T \times РВГП \mid t \in T\}$; $ПЗБХ_f$ – функция производительности заполнения буферной емкости хранения готовой продукции, м^3/ед.t, $ПЗБХ_f = \{(t, ПЗБХ(t)) \in T \times ПЗБХ \mid t \in T\}$; $ПРБХ_f$ – функция производительности разгрузки буферной емкости хранения готовой продукции, м^3/ед.t, $ПРБХ_f = \{(t, ПРБХ(t)) \in T \times ПРБХ \mid t \in T\}$;

В такой постановке, риск переполнения склада и остановки производства из-за отсутствия места хранения готовой продукции (переполнение) ($R_{пс}$) будет характеризоваться выражением $(\forall t_1, t_2 \in M)\ t_2 > t_1 \Rightarrow РВГП_f(t_2) > РВГП_f(t_1)$ (рисунок 1.7 (А)), а риск простоя транспортных средств ввиду отсутствия готовой продукции и невыполнения договорных обязательств по ее доставке конечному потребителю (недостаток) ($R_{пт}$) соответственно $(\forall t_1, t_2 \in M) t_2 > t_1 \Rightarrow РВГП_f(t_2) < РВГП_f(t_1)$ (рисунок 1.7 (Б)).

При этом, вероятность наступления рискового события возможно рассмотреть, как некоторый случай безотказной работы буферной емкости хранения готовой продукции. В данном случае, среднее время безотказной работы буферной емкости хранения готовой продукции (наработка на отказ) ($t_2 < T < t_{риск}$) представляет собой математическое ожидание ее работы до одного из критических состояний (переполнение/недостаток). В такой постановке, используя традиционные подходы, возможно определить

$$T = \left(t_{риск} - t_2\right) = \int_{t_2}^{t_{риск}} t \times f(t)dt = \int_{t_2}^{t_{риск}} P(t)dt \Rightarrow f(t) = -\frac{dP(T)}{dt},$$

где f(t) – функция плотности вероятности возникновения критического состояния (безотказной работы) буферной емкости хранения готовой продукции (переполнение (объем готовой продукции $\rightarrow БХ_{max}$) / недостаток (объем готовой продукции $\rightarrow 0$)), $БХ_{max}$ - максимальный уровень буферной емкости хранения готовой продукции, м^3; P(T) – вероятность безотказной работы буферной емкости хранения в интервале времени $t_2 < T < t_{риск}$ (рисунок 1.8) [123].

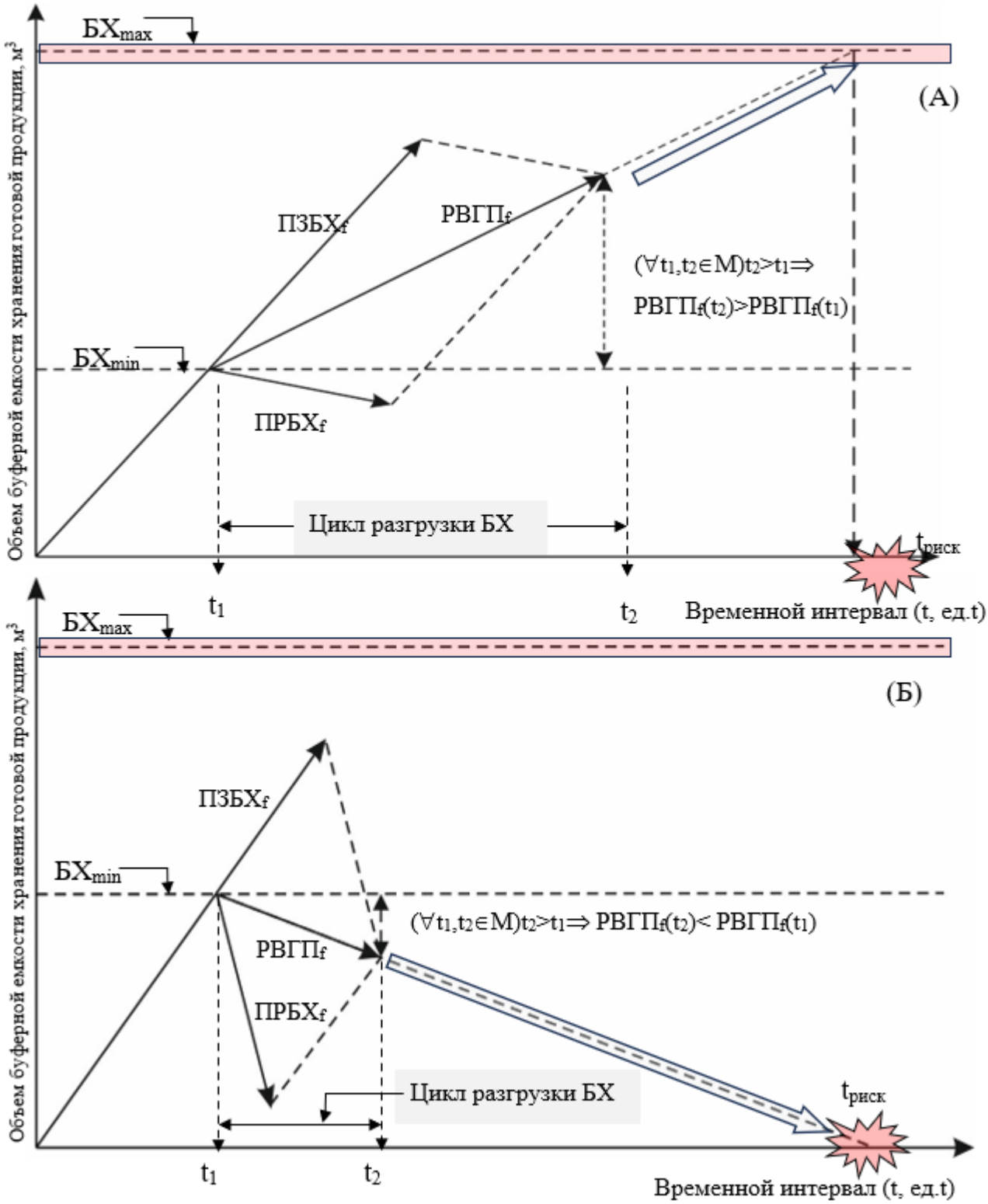


Рисунок 1.7 – Моделирование временных интервалов и вероятности возникновения риска отгрузки произведенной продкуции (безотказной работы буферной емкости) $R_{бе}$: (А) - риск переполнения склада и остановки производства из-за отсутствия места хранения готовой продукции ($R_{пс}$); (Б) - риск простоя транспортных средств ввиду отсутствия готовой продукции и невыполнения договорных обязательств по ее доставке конечному потребителю ($R_{пт}$).

Условные обозначения к рисунку 1.7.

$БХ_{max}$ - максимальный уровень буферной емкости хранения готовой продукции, $м^3$;

$БХ_{min}$ - минимально необходимый уровень заполнения буферной емкости хранения готовой продукции, $м^3$;

$ПЗБХ_f$ – функция производительности заполнения буферной емкости хранения готовой продукции, $м^3$/ед.t, $ПЗБХ_f = \{(t, ПЗБХ(t)) \in T \times ПЗБХ \mid t \in T\}$;

$ПРБХ_f$ – функция производительности разгрузки буферной емкости хранения готовой продукции, $м^3$/ед.t, $ПРБХ_f = \{(t, ПРБХ(t)) \in T \times ПРБХ \mid t \in T\}$;

$РВГП_f$ – функция результирующего вектора прироста/снижения объема готовой продукции в емкости хранения $м^3$/ед.t, $РВГП_f = \{(t, РВГП(t)) \in T \times РВГП \mid t \in T\}$;

$t_{риск}$ – время наступления рискового события (переполнение/недостаток) готовой продукции в буферной емкости хранения;

t_1 – время наполнения минимально необходимого уровня заполнения буферной емкости хранения готовой продукции;

t_2- t_1 – время цикла разгрузки буферной емкости хранения готовой продукции.

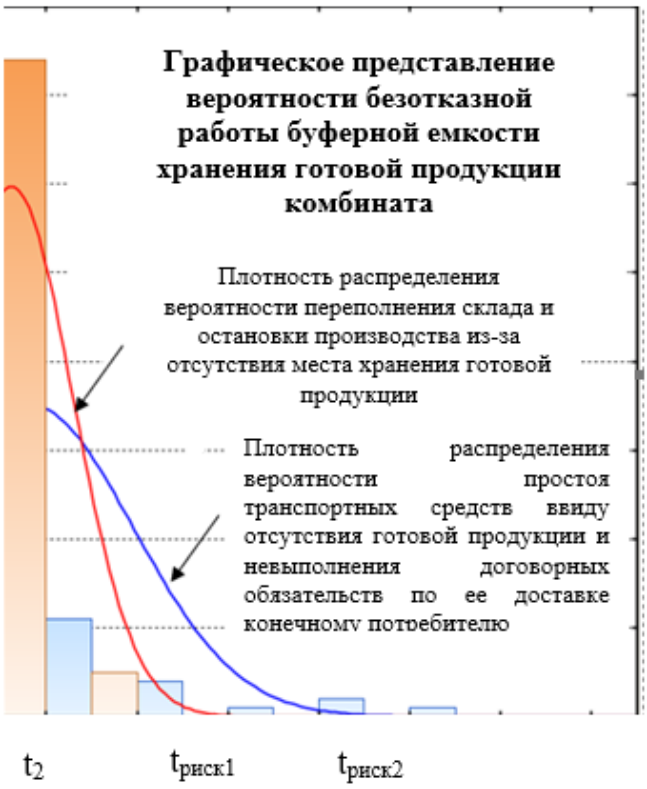


Рисунок 1.8 – Схематическое представление плотностей вероятности безотказной работы буферной емкости хранения готовой продукции комбината

Проведенный анализ статистических данных показателей [35, 40] погрузочных работ для различных зон хранения транспортно-логистического терминала позволил выявить плотности распределения вероятностей переполнения склада и остановки производства из-за отсутствия места хранения готовой продукции и простоя транспортных средств ввиду отсутствия готовой продукции и невыполнения договорных обязательств по ее доставке конечному потребителю для большинства позиций номенклатуры производимой продукции (таблица 1.19)

Таблица 1.19 – Определение плотности распределения вероятностей безотказной работы буферных емкостей хранения готовой продукции комбината

Номенклатура продукции		**Плотность вероятности**	
		Переполнение склада и остановки производства из-за отсутствия места хранения готовой продукции	**Простой транспортных средств ввиду отсутствия готовой продукции**
Концентраты	К1	15*1000*normal(x; 760; 1729)	15*1000*lognorm(x; 5,8; 1)
	К2	18*200*normal(x; 205; 399)	18*200*expon(x; 0,0049)
	К3	7*10*lognorm(x; 4,7; 0,3)	7*10*expon(x; 0,0092)
Фракционированные пески	ФП 1 (-5,0 + 1,2 мм)	10*500*expon(x; 0,0016)	10*500*lognorm(x; 5; 1,63)
	ФП2 (-1,2 + 0,8 мм)	13*1000*normal(x; 1083; 2434)	13*1000*lognorm(x; 5; 1,75)
	ФП 3 (-0,2 + 0,1 мм)	31*5000*normal(x; 7465; 17698)	31*5000*lognorm(x; 6; 2)
Пески для стекольной промышленности	СП1 (-0,2 + 0,1 мм)	4*10000*normal(x; 67352; 37699)	4*10000*lognorm(x; 11; 0,6)
	СП2 (-0,8 + 0,2 мм)	4*10000*expon(x; 1,5E-5)	31*5000*expon(x; 0,0001)
	СП3 (-0,2 + 0,1 мм)	13*1000*expon(x; 0,0009)	15*1000*expon(x; 0,0013)

Кроме того, различные варианты функционирования погрузочного терминала возможно описать в терминах и моделях теории массового обслуживания, где за основу решения задачи берется разомкнутая система с ограниченной длинной очереди, так как машины на предприятии загружаются в отведенном терминале и имеют возможность перехода внутри промышленной площадки в другие места погрузки в зависимости от длинны очереди. В такой постановке входящий пуассоновский поток требований погрузки готовой продукции описывается интенсивностью λ, а его обслуживание происходит n – погрузочными терминалами с интенсивностью ν, при этом время загрузки автомобиля имеет экспоненциальный закон распределения.

В таком случае вероятность простоя системы погрузочных терминалов (вероятность отсутствия автомобилей под погрузку) будет определяться по следующей формуле (1.1) [22]:

$$P_o = [1 + \frac{p^1}{1!} + \frac{p^2}{2!} + \cdots + \frac{p^n}{n!}\frac{p/n - (p/n)^{l+1}}{1 - p/n}]^{-1}, \qquad (1.1)$$

где p – приведенная интенсивность потока машин под погрузку в терминале, которая характеризует среднее количество машин, поступающих под погрузку за среднее время погрузки одной машины.

Вероятность отказа в погрузке будет определяться из расчета вероятности наличия в системе (n+l) машин, когда будут заняты все погрузочные терминалы n и все места в очереди l (1.2):

$$\mathrm{P_{отк}} = \mathrm{P}_{n+l} = \mathrm{P_o}\ \frac{\mathrm{P}^{l+n}}{n^l n!}. \qquad (1.2)$$

Относительная (q) и абсолютная пропускные (a) способности терминалов погрузки будут определяться через следующие соотношения $q = 1 - P_{отк}$, $a = q\lambda$, а среднее количество занятых погрузкой терминалов $Z = a/\nu$.

Обозначив p/n через χ возможно получить выражение для среднего количества машин в очереди под загрузку (1.3):

$$r = \frac{p^{n+1} p_o}{n - n!} \frac{(l+1)\chi^l + l\chi^{l+1}}{(1-\chi)^2}, \qquad (1.3)$$

а среднее количество машин под загрузку, среднее время ожидания и среднее время загрузки автомобиля будут определяться выражениями $k=r+z$, $t_{ож} = r/\lambda$, $t_{ср} = t_{ож}+t_{обсл}$.

Определив безотказную работу буферной емкости погрузки как событие (S_1) с вероятностью наступления P(T), простой системы погрузочных терминалов при отсутствии автомобилей под погрузку через событие (S_2) с вероятностью наступления P_o, а занятость машинами всех погрузочных терминалов через событие (S_3) с вероятностью появления $P_{отк}$ имеем возможность рассчитать вероятность безотказной работы системы погрузки готовой продукции предприятия.

В такой постановке результирующая сумма вероятности трех событий ($P_{рез}$) будет определяться из следующего соотношения (1.4):

$$\mathrm{P_{рез}} = P(\sum_{i=1}^{i=3} S_i) = \sum_{i} P(S_i) - \sum_{i,j} P(S_i\, S_j) + \sum_{i,j,k} P(S_i S_j S_k). \qquad (1.4)$$

Таким образом, величина риска безотказной погрузки ($R_{бп}$) готовой продукции на промышленной площадке комбината будет выражаться следующим соотношением $R_{бп} = R_{бе} + R_{прс} + R_{оп}$, где $R_{бе}$ - риск безотказной работы буферной емкости погрузки готовой продукции предприятия ($R_{бе}= R_{пс} + R_{пт}$, где риск переполнения склада из-за отсутствия места хранения ($R_{пс}$); риск простоя транспортных средств ввиду отсутствия готовой продукции ($R_{пт}$)); $R_{прс}$ - риск простоя системы погрузочных терминалов при отсутствии автомобилей под погрузку; $R_{оп}$ - риск отказа в погрузке (занятость машинами всех погрузочных терминалов). В такой постановке величина безотказной погрузки готовой продукции на промышленной площадке комбината будет складываться из следующих составляющих $R_{бп} = R_{пс} + R_{пт} + R_{прс} + R_{оп}$, каждое из которых

представляет собой математическое ожидание соответствующего ущерба для определенной зоны хранения и места погрузки готовой продукции комбината (таблица 1.20, рисунок 1.9-1.10).

Таблица 1.20 – Расчет величины риска безотказной погрузки готовой продукции в транспортно-логистическом терминале комбината

Продукция			**Зона хранения/ место погрузки**	**Риск безотказной работы буферной емкости ($R_{бе}$), у.е.**		**Риск простоя системы погрузочных терминалов ($R_{прс}$), у.е.**	**Риск отказа в погрузке ($R_{оп}$), у.е.**	**Риск безотказной погрузки готовой продукции ($R_{бп}$), уе.**
Тип	**Тара**	**Фракция**		$R_{пс}$	$R_{пт}$			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
К1	МКР	-	$ЗХ_1/МП_1$	313,6	262,4	44,8	19,2	640,0
	Навал		$ЗХ_1/МП_{13}$	7,1	4,8	11,2	10,9	34,0
К2	МКР	-	$ЗХ_1/МП_1$	163,5	11,0	33,1	13,3	220,9
К3	МКР	-	$ЗХ_1/МП_1$	34,0	4,9	12,2	9,7	60,8
Фракционированные пески	МКР	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_2/МП_2$	234,0	222,0	54,0	90,0	600,0
		(-1,2+0,8 мм)	$ЗХ_2/МП_2$	68,3	28,0	33,3	45,5	175,0
		(-5,0+1,2 мм)	$ЗХ_2/МП_2$	25,2	16,1	19,6	9,1	70,0
	Навал (сух.)	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_3/МП_4$	258,0	108,0	132,0	102,0	600,0
		(-1,2+0,8 мм)	$ЗХ_3/МП_3$	22,4	2,8	4,4	10,4	40,0
		(-5,0+1,2 мм)	$ЗХ_3/МП_3$	7,5	6,9	6,3	9,3	30,0
	Навал (влаж.)	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_6/МП_{12}$	239,7	24,0	52,7	163,0	479,4
		(-1,2+0,8 мм)	$ЗХ_6/МП_{12}$	87,3	46,3	37,4	7,1	178,1
		(-5,0+1,2 мм)	$ЗХ_6/МП_{12}$	3,7	15,7	12,4	9,5	41,4
Стекольные пески ВС-	МКР	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_5/МП_{10,11}$	840,0	218,4	117,6	504,0	1680,0
	Навал	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_4/МП_{5,6}$	886,0	590,6	214,8	993,4	2684,8
Стекольные пески С-	МКР	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_5/МП_{10,11}$	944,5	401,9	120,6	542,6	2009,6
	Навал	(-0,2+0,1 мм)	$ЗХ_4/МП_7$	1171,8	226,8	226,8	264,6	1890,0

Продолжение табл. 1.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Стекольные пески ВС-	МКР	(-0,8+0,2 мм)	$ЗХ_5/МП_{10,11}$	813,1	961,0	394,2	295,7	2464,0
	Навал	(-0,8+0,2 мм)	$ЗХ_4/МП_{8,9}$	281,3	625,2	31,3	625,2	1563,0

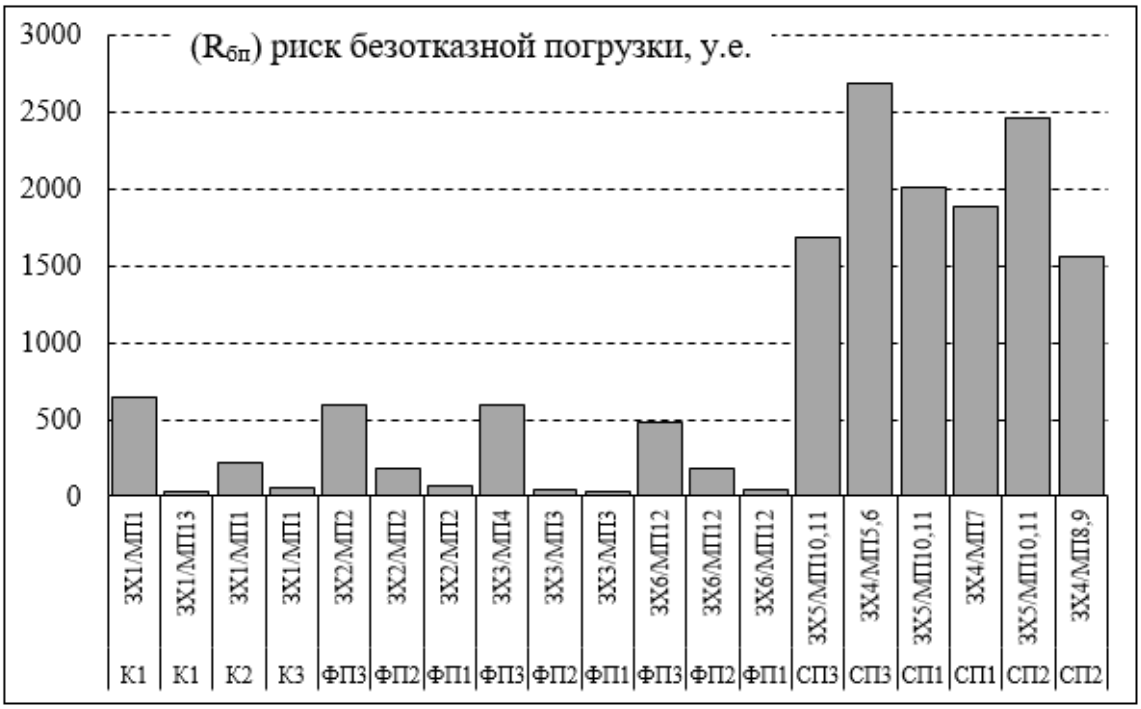


Рисунок 1.9 – Риски безотказной погрузки для соответствующих зон хранения и мест погрузки готовой продукции в транспортно-логистическом терминале комбината

На основании оценок вероятностей возникновения рисков и уровня влияния (в объемном и стоимостном эквиваленте) на процессы погрузочных работ была построена матрица рисков безотказной погрузки для всей номенклатуры производимой продукции в разрезе соответствующих зон хранения и мест погрузки транспортно-логистического терминала комбината (рисунок 1.11).

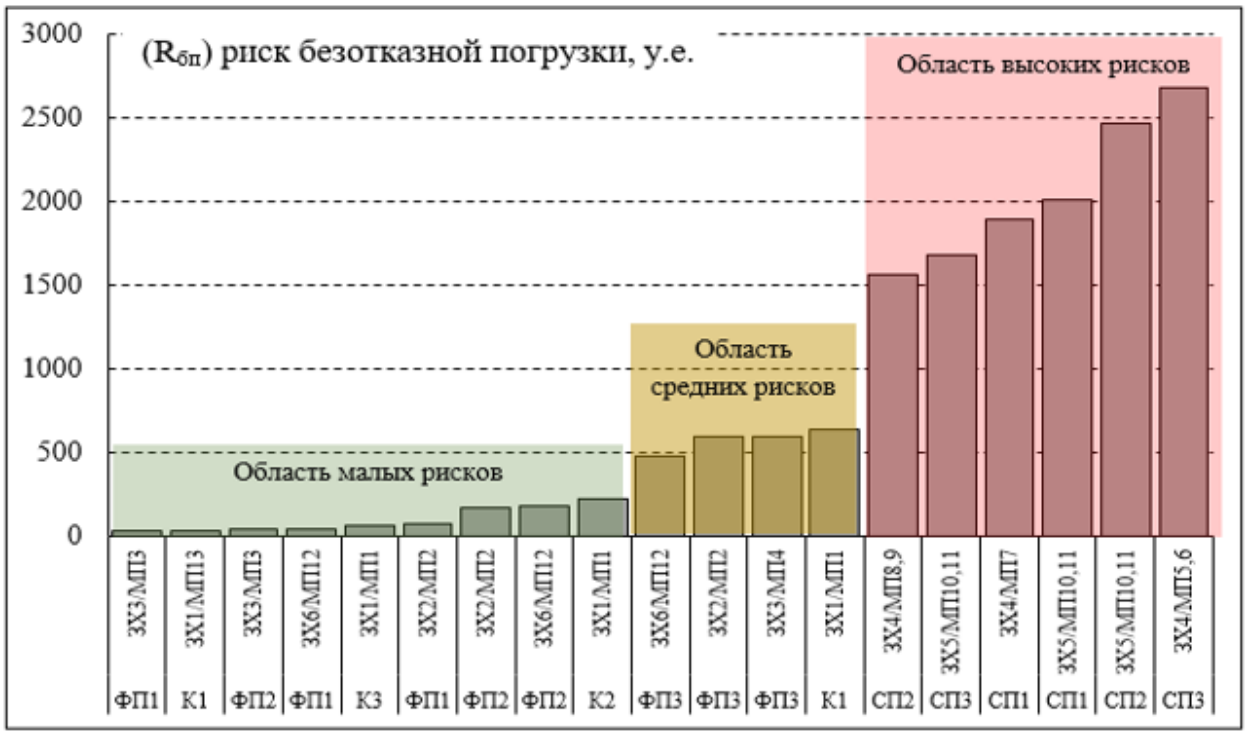


Рисунок 1.10 – Ранжированный ряд рисков безотказной погрузки для соответствующих зон хранения и мест погрузки готовой продукции в транспортно-логистическом терминале комбината

[80;100]			(СП2) $ЗХ_4/МП_{8,9}$		(СП3) $ЗХ_4/МП_{5,6}$; (СП2) $ЗХ_5/МП_{10,11}$
[60;80)			(К1) $ЗХ_1/МП_1$	(СП1) $ЗХ_5/МП_{10,11}$	(СП1) $ЗХ_4/МП_7$;
[40;60)	(ФП1) $ЗХ_2/МП_2$	(ФП3) $ЗХ_2/МП_2$		(ФП3) $ЗХ_3/МП_4$;	(СП3) $ЗХ_5/МП_{10,11}$
[20;40)	(ФП2) $ЗХ_3/МП_3$; (ФП2) $ЗХ_6/МП_{12}$	(К3) $ЗХ_1/МП_1$; (ФП1) $ЗХ_2/МП_2$; (ФП1) $ЗХ_6/МП_{12}$	(ФП3) $ЗХ_6/МП_{12}$		
[0;20)		(ФП1) $ЗХ_3/МП_3$; (К1) $ЗХ_1/МП_{13}$	(К2) $ЗХ_1/МП_1$		
Влияние / Вероятность	**[0;20)**	**[20;40)**	**[40;60)**	**[60;80)**	**[80;100]**

Рисунок 1.11 – Матрица рисков безотказной погрузки для соответствующих зон хранения и мест погрузки готовой продукции в транспортно-логистическом терминале комбината

1.4. Обоснование и выбор программного обеспечения для автоматизации системы управления контуром логистических процессов отгрузки и перевозки готовой продукции комбината

В исходной постановке для выбора программного обеспечения автоматизации системы управления контуром логистических процессов складирования, отгрузки и перевозки готовой продукции комбината необходимо определить ключевые процессы логистики предприятия, требующие внедрения IT-решений [19, 57, 59].

Для автоматизации всего контура транспортно-логистических процессов требуются следующие информационные системы: система управления, планирования и контроля перевозок готовой продукции (далее «TMS»); система управления, планирования и контроля отгрузок (далее «YMS»).

Цель внедрения системы TMS – обеспечение доставки готовой продукции клиентам «точно в срок» определенным количеством имеющихся в наличие транспортных средств. Цель внедрения системы YMS – обеспечение отгрузки требуемого количество транспортных средств с учетом потенциальных возможностей фронтов отгрузок и произведенного объема готовой продукции.

На основании проведенного анализа транспортно-логистических процессов предприятия был сформулирован комплекс функциональных требований к системе TMS, необходимых для выбора оптимальных IT-решений на рынке с последующей тонкой проработкой требований под условия функционирования предприятия. В таблице 1.21 цветом выделены критические (обязательные) требования к IT-решению. Для формирования комплекса рекомендаций по выбору программного обеспечения для планирования и контроля доставки готовой продукции потребителям, а также определения требований по оптимальному программному обеспечению транспортно-логистической системы предприятия были рассмотрены различные программные продукты российских разработчиков (таблица 1.21).

Таблица 1.21 – Сравнительно-сопоставительный анализ комплекса функционально-технических требований к системе управления, планирования и контроля перевозок готовой продукции (TMS) российских разработчиков

Функционально-технические требования	**Компания - разработчик**			
	AXELOT	**ITOB**	**АНТОР**	**1С**
	AXELOT TMS – система управления перевозками и транспортным парком	**1С:TMS Логистика. Управление перевозками**	**ANTOR LogisticsMaster**	**1С: Предприятие. Транспортная логистика, экспедирование и управление автотранспортом КОРП**
Общие требования				
Страна местонахождения компании-разработчика TMS решения (РФ)	РФ	РФ	РФ	РФ
Наличие выделенной линии поддержки пользователей в режиме 24*7	да	нет	нет	нет
Успешные проекты по автоматизации перевозок в России	да	да	да	да
Внедренец является разработчиком (Да/Нет)	да	нет	да	да
Возможность разработки функционала без изменения основного кода системы.	да	да	нет	да
Полная открытость кода.	да	да	нет	нет
Возможность поддержки собственными силами.	да	да	нет	да
Возможность подключения картографических сервисов: Open Street Map, Сити Гид, Яндекс, Google maps.	Open Street Map, Сити Гид, Яндекс, Google maps.	Open Street Map, Сити Гид, ИНГИТ, Google maps.	Яндекс, Карты собственной разработки	Open Street Map, Ингит
Штат компании разработчика	220	50	20	2700
Количество лет на рынке в России	21	12	16	24
Частота выпуска релизов	1 раз в полгода	1 раз в год	1 раз в два года	1 раз в полгода
Штат сотрудников компании (порядок), непосредственно занимающихся внедрением TMS решения (без учета административного, кадрового и пр. персонала)	15	10	10	10

Функционально-технические требования	Компания - разработчик			
	AXELOT	ITOB	АНТОР	1С
	AXELOT TMS – система управления перевозками и транспортным парком	1С:TMS Логистика. Управление перевозками	ANTOR LogisticsMaster	1С: Предприятие. Транспортная логистика, экспедирование и управление автотранспортом КОРП
Наличие в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных	да	да	да	да
Возможность вести работу в различных часовых поясах - учет часовых поясов.	да	нет	нет	нет
Стоимость внедрения (работы)	Стоимость внедрения каждого из решений находится в интервале от 5 до 15 млн. рублей, в зависимости от глубины и широты требований. Для точной оценки стоимости требуются дополнительные согласования с потенциальными исполнителями.			
Управление заявками на перевозку				
Оформление заявок на доставку грузов	да	да	да	да
Учет товарного состава по грузовым местам в рамках каждой отгрузки	да	нет	да	да
Учет нескольких адресов отправления и нескольких адресов получения в одной заявке на перевозку грузов.	да	нет	нет	да
Возможность формирования сводного суточного/недельного плана отгрузок исходя из плана доставок	да	н/д	н/д	н/д
Контроль и анализ статусов заявок.	да	да	да	да
Возможность загрузки Заявки из файла и применение шаблонов заявок	да	да	да	да
Планирование маршрутов на основании заявок				
Предварительный расчет стоимости исполнения перевозки	да	да	нет	нет
Автоматический расчет даты/времени отгрузки исходя из сроков доставки	да	да	да	да

Функционально-технические требования	Компания - разработчик			
	AXELOT	ITOB	АНТОР	1С
	AXELOT TMS – система управления перевозками и транспортным парком	1С:TMS Логистика. Управление перевозками	ANTOR LogisticsMaster	1С: Предприятие. Транспортная логистика, экспедирование и управление автотранспортом КОРП
Расчет суточного количества отгрузок/транспорта/рейсов по типам ТС	да	да	да	да
Учет ограничений по возможностям отгрузок по типам товара	да	да	нет	н/д
Возможность учета постоянных маршрутов, формирование рейсов - по умолчанию.	да	да	нет	да
Отдельное автоматизированное рабочее место логиста для планирования рейсов.	да	да	да	да
Автоматическая маршрутизация	да	да	да	да
Использование реальных транспортных средств при планировании рейсов, а также планирование по типу и количеству потенциально доступных транспортных средств	да	да	да	да
Возможность ручного планирования рейсов.	да	да	да	да
Возможность учета временных окон доставки груза у Клиентов	да	да	да	да
Учет ограничений по грузоподъемности на маршрутах	да	н/д	н/д	н/д
Возможность назначения системой одной заявки на несколько транспортных средств	да	нет	нет	да
Возможность формирования маршрутного листа (задания на перевозку для каждого водителя/ТС)	да	да	да	да
Возможность учитывать режим труда и отдыха при планировании рейсов.	да	нет	нет	нет
Учет входящих и исходящих претензий при исполнении заявок и рейсов.	да	нет	нет	да

Функционально-технические требования	Компания - разработчик			
	AXELOT	ITOB	АНТОР	1С
	AXELOT TMS – система управления перевозками и транспортным парком	1С:TMS Логистика. Управление перевозками	ANTOR LogisticsMaster	1С: Предприятие. Транспортная логистика, экспедирование и управление автотранспортом КОРП
Зональное планирование (учет доступных географических зон для работы ТС).	да	да	да	да
Планирование нескольких маршрутов на одно транспортное средство с учетом возврата на склад для повторной погрузки	да	нет	да	нет
Ограничения по транспорту и водителям для точек маршрута.	да	да	да	нет
Возможность включения контрольных точек в рейсы	да	нет	нет	да
Закупка услуг транспортной компанией				
Возможность разыгрывания тендеров среди перевозчиков при назначении на рейсы. Оформление Заявок на транспортные средства, получение коммерческих предложений, выбор победителя	да	да	нет	да
Автоматическое распределение Перевозчиков по рейсам согласно квотам и заданным правилам распределения	да	нет	нет	нет
Исполнение перевозки и контроль над перевозками				
Автоматизированное рабочее место контроля исполнения рейсов для логиста	да	да	да	да
Возможность интеграции с телеметрическими системами. Получение данных с трекеров, датчиков, их фиксация в документах системы (рейс, путевой лист)	да Omnicomm, Itob, Автограф, Wialon и т.д.	да, с ITOB	да, ANTOR MonitorMaster	да
Возможность фиксации штрафов по ТС	да	нет	нет	да
Возможность формирования пакета сопроводительных документов по рейсу	да	нет	нет	да

Функционально-технические требования	Компания - разработчик			
	AXELOT	ITOB	АНТОР	1С
	AXELOT TMS – система управления перевозками и транспортным парком	1С:TMS Логистика. Управление перевозками	ANTOR LogisticsMaster	1С: Предприятие. Транспортная логистика, экспедирование и управление автотранспортом КОРП
Затраты на перевозки				
Возможность вести расчеты с Перевозчиками (плановые и фактические расходы предприятия)	да	да	да	да
Возможность планирования затрат на перевозки на заданный период времени	да	н/д	н/д	н/д
Возможность план-фактного анализа затрат по клиентам	н/д	н/д	н/д	н/д
Возможность распределения расходов по товарным группам	да	нет	нет	нет
Возможность формирования правил по расчету тарифов с перевозчиками, заказчиками	да	да	нет	да
Технические требования				
Возможность самостоятельного тиражирования (практические подтверждения)	да	да	нет	да
ОС сервера	Microsoft Windows, Linux	Microsoft Windows, Linux	Microsoft Windows	Microsoft Windows, Linux
ОС ПК	Microsoft Windows	Microsoft Windows	Microsoft Windows	Microsoft Windows
ОС МК	Android	Android	Android	Android
СУБД	Microsoft SQL Server, PostgreSQL, IBM DB2, Oracle Database	Microsoft SQL Server, PostgreSQL, IBM DB2, Oracle Database	Microsoft SQL Server	Microsoft SQL Server, PostgreSQL, IBM DB2, Oracle Database
Мобильный клиент для водителей (при возможности использования водителями транспортной компании)				

Функционально-технические требования	Компания - разработчик			
	AXELOT	ITOB	АНТОР	1С
	AXELOT TMS – система управления перевозками и транспортным парком	1С:TMS Логистика. Управление перевозками	ANTOR LogisticsMaster	1С: Предприятие. Транспортная логистика, экспедирование и управление автотранспортом КОРП
Возможность использования Мобильного клиента при исполнении рейсов	да	да	да	да
Возможность настройки отображения задач по маршрутному листу (все задачи, только следующая)	да	нет	нет	нет
Возможность использования навигатора Google, Яндекс при исполнении задач на МК	да, Google, Яндекс	Google	Яндекс	да
Возможность контроля координат водителя при прохождении точек маршрута на МК	да	нет	да	да
Возможность осуществления запроса диспетчеру на разрешение изменения маршрута следования (опционально)	да	нет	нет	нет
Возможность присоединения фото, файлов при прохождении точек маршрута в МК	да	да	да	да
Возможность обработки нештатных ситуаций (проблем) в точках	да	да	да	нет
Возможность вывода дополнительной информации в МК: процент готовности погрузки, номер складских ворот, комментарии по заявке	да	да, но с ограничениями	нет	нет
Возможность исполнения задач в МК путем сканирования QR-кода и пр.	да	нет	да	нет
Учет автотранспорта (при наличии собственного транспорта) - некритичные требования				
Возможность ведения карточки ТС, учет статуса транспортного средства, основного экипажа, установка гаража для фиксации выезда и возврата, учет текущих показателей по пробегу, остаткам топлива в баке	да	да, но с ограничениями	да	да

Функционально-технические требования	Компания - разработчик			
	AXELOT	ITOB	АНТОР	1С
	AXELOT TMS – система управления перевозками и транспортным парком	1С:TMS Логистика. Управление перевозками	ANTOR LogisticsMaster	1С: Предприятие. Транспортная логистика, экспедирование и управление автотранспортом КОРП
Возможность установки норм расхода ГСМ по модели ТС, по транспортному средству	да	нет	нет	да
Возможность установки норм ТО по пройденному километражу, сроку использования, отработанным моточасам	да	нет	нет	да
Возможность учета выработки агрегатов, узлов, шин	да	нет	нет	да
Возможность учета управлением материалами (поступление, перемещение, списание)	да	нет	нет	да
Автоматизированное рабочее место Планирования ремонтов с прогнозированием даты следующего ТО	да	нет	нет	нет
Возможность ведения ремонтных работ по транспортному средству, дополнительному оборудованию, агрегату	да	нет	нет	да
Возможность выполнения работ с помощью сервисной организации или собственными силами	да	нет	нет	да
Возможность оформления заявок на ремонт и расчет затрат по каждому транспортному средству	да	нет	нет	да
Мультимодальные перевозки автомобильным и железнодорожным транспортном (при наличии железнодорожных перевозок)				
Возможность формирования мультимодальных рейсов	да	нет	нет	да
Возможность планирования затрат и сроков доставки по мультимодальным рейсам.	да	нет	нет	да
Ранжирование по результатам оценки	**1**	**2**	**4**	**3**

По результатам выбора среди систем TMS автором рекомендуется к внедрению AXELOT TMS – система управления перевозками и транспортным парком, реализованная на базе 1С. Компания AXELOT является лидером логистических решений на базе 1С в России. Данная компания изначально взяла курс на доработку имеющихся решения на базе 1С с добавлением профессиональной логистической специфики. Второе место заняло решение компании ITOB, которое близко по функционалу к решению компании AXELOT, но уступает по ряду ключевых возможностей. Решения от компании ANTOR, занявшее третье место, обладает эффективным маршрутизатором, способным строить сложные маршруты при городской доставке, что не является важным для условий функционирования промышленного предприятия.

Определение функциональных требований к системе YMS позволяет осуществить выбор наиболее подходящих ИТ-решений с последующей проработкой требований системы с учетом специфики планирования и контроля отгрузок на предприятии [18, 58, 63]. В рамках верхнеуровневых требований система YMS должна планировать загрузку каждого ресурса, участвующего в процессе отгрузки транспортного средства: пост охраны (въезд и выезд транспорта); определение массы перевозимого груза; все фронты отгрузки; складские ресурсы (краны, погрузчики, персонал); документооборот (выписка отгрузочных и сопроводительных документов). Суточный план должен представлять собой поминутное сменно-суточное задание для каждого ресурса системы. Кроме того, система YMS должна оценивать возможность загрузки каждого ТС при приеме заявки исходя из плановой загрузки ресурсов и наличия требуемого объема материалов, а также содержать справочники нормативов по типам номенклатуры всех видов операций в процессе нахождения транспортного средства на территории предприятия: заезд; взвешивание; загрузка; выписка документов; выезд; прочие операции. При этом необходимо обеспечить возможность онлайн-контроля исполнения всех операций транспортного средства на территории предприятия и выявления отклонений от плана, а также автоматическое перестроения суточных планов ресурса при следующих ситуациях:

срочная внеплановая заявка на отгрузку; нарушение норматива выполнения операций; отмена отгрузки. Система YMS должна позволять формировать регулярную отчетность об исполнении заявок, содержащую следующую информацию: плановое и фактическое время событий по каждой заявке (прибытие (регистрация) транспортного средства, въезд, выезд, выдача документов и т.п); плановое и фактическое время нахождения транспортного средства на территории грузового двора от момента регистрации въезда до момента выезда; плановые и фактические показатели использования ресурсов; перечень отклонений в течение рабочей смены с указанием места отклонения и номера транспортного средства; среднее время нахождения транспортного средства на территории грузового двора предприятия; загрузка продукции в часах, тоннах, процентах; сводный отчет о сверхплановых простоях по фронтам отгрузки и прочим ресурсам. Оценка имеющихся решений на рынке систем YMS позволила сделать вывод, что наиболее подходящим решением для реализации является программный продукт компании TopLog. Решения TopLog широко применяется в управлении производственными и транспортно-логистическими компаниями. Именно продукт TopLog может удовлетворить все выдвинутые функциональные требования, которые обозначены для системы YMS. Главные преимущества предлагаемого решения заключаются в возможностях построения сменно-суточных почасовых и поминутных заданий для каждого фронта отгрузки и каждого ресурса, участвующего в процесс отгрузки (транспорт, кран, погрузчик, весовая, документы) в виде очереди заданий. Данные задания строятся на основании нормативов времени, отгрузочных возможностей, имеющихся остатков продукции и загрузки фронтов. Кроме того, существует возможность в онлайн-режиме мониторить отклонения от плановых заданий, а также места возникновения сбоев и перестроения очередей заданий. В таких случаях система автоматически актуализирует новый маршрут заданий, определяя приоритетность и очередность выполняемых задач. Данное решение может быть реализовано исходя из понимания потребности в ежесуточной отгрузке большого количество транспортных средств и необходимости операционного управления процессом отгрузки.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

1. В результате проведенных исследований технико-технологических показателей зон хранения и мест погрузки готовой продукции комбината методом наименьших квадратов были определены для каждой зоны взаимосвязи времени загрузки одного автомобиля от скорости загрузки, позволившие выделить на промышленной площадке зоны эффективной и неэффективной загрузки.

2. Получено семейство прогнозных кривых зависимостей времени загрузки одного автомобиля от скорости загрузки для различных вариантов грузоподъемности выделяемых под погрузку транспортных средств в диапазоне от 10 до 41 т. в зонах хранения готовой продукции комбината.

3. Разработаны подходы к определению временных интервалов и вероятности возникновения риска отгрузки произведенной продкуции (безотказной работы буферной емкости), включающего в себя риск переполнения склада и остановки производства из-за отсутствия места хранения готовой продукции и риск простоя транспортных средств ввиду отсутствия готовой продукции и невыполнения договорных обязательств по ее доставке конечному потребителю.

4. Проведена оценка вероятностей наступления рисковых событий: вероятность безотказной работы буферной емкости погрузки; вероятность простоя системы погрузочных терминалов при отсутствии автомобилей под погрузку; вероятность занятости машинами всех погрузочных терминалов; результирующая вероятность безотказной работы всей системы погрузки готовой продукции транспортно-логистического терминала комбината.

5. Произведена оценка и осуществлено ранжирование рисков безотказной погрузки для соответствующих зон хранения и мест погрузки готовой продукции в транспортно-логистическом терминале комбината, дифференцированного по номенклатуре производимой продукции, способам отгрузки и размеру фракции сыпучей массы песков.

6. Проведен сравнительно-сопоставительный анализ и обоснован выбор программного обеспечения для автоматизации планирования контура логистических процессов отгрузки и перевозки готовой продукции комбината по комплексу оценочных критериев (общие требования к системе; управление заявками на перевозку; планирование маршрутов; закупка услуг; исполнение и контроль перевозки; затраты на перевозку; технические требования; возможности использования мобильного клиента и учета автотранспорта).

2. РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ И МОДЕЛЕЙ ВЫБОРА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ КОМБИНАТА

2.1. Обоснование исходного множества оценочных критериев и решение задачи выбора транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината

Обоснование и выбор типа транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината основывались на том, что необходимо предложить подходы, методы и инструменты, которые позволят получить максимальную эффективность транспортной составляющей при стабильной и управляемой цепи поставок [15, 16, 23]. При этом за неправильное указание веса и за превышение допустимой массы транспортного средства или допустимой нагрузки на ось транспортного средства, либо допустимых габаритов транспортного средства, юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, осуществившими погрузку груза в транспортное средство предусмотрены штрафные санкции (статья 12.21. «Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» от 30.12.2001 N 195-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2024), Постановление Правительства РФ от 31.01.2020 N 67 (ред. от 26.10.2020) «Об утверждении Правил возмещения вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами, об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации») [124].

Основные этапы решения задачи выбора транспортных средств для транспортировки готовой продукции комбината заключаются в следующем:

Этап 1. Формирование исходного множества альтернативных вариантов транспортных средств и совокупности оценочных критериев для оценки эффективности перевозки готовой продукции комбината;

Этап 2. Формирование структуры предпочтений оценочных критериев для определенного типа транспортных средств перевозки готовой продукции комбината;

Этап 3. Формирование упорядоченного множества транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината.

В рамках первого этапа «Формирование исходного множества альтернативных вариантов транспортных средств и совокупности оценочных критериев для оценки эффективности перевозки готовой продукции комбината» выбор подвижного состава происходил на основании следующих групп критериев [124].

1. Группа 1. Технические особенности подвижного состава и весовых параметров транспортного средства *(технические критерии):*

1.1. Грузоподъемность тягача, т ($ТКр_1$);

1.2. Снаряженная масса тягача, т ($ТКр_2$);

1.3. Полная масса автопоезда, т ($ТКр_3$);

1.4. Длина, м ($ТКр_4$);

1.5. Ширина, м ($ТКр_5$);

1.6. Высота, м ($ТКр_6$);

1.7. Объем кузова, $м^3$ ($ТКр_7$);

1.8. Номинальная мощность двигателя, кВт ($ТКр_8$);

1.9. Максимальная скорость, км/ч ($ТКр_9$);

1.10. Расход топлива, л/100 км ($ТКр_{10}$);

1.11. Объем двигателя, л ($ТКр_{11}$);

1.12. Мощность двигателя, л.с. ($ТКр_{12}$);

1.13. Шины, дюймы ($ТКр_{13}$);

1.14. Объем топливного бака, л ($ТКр_{14}$);

1.15. Радиус разворота, м ($ТКр_{15}$).

2. Группа 2. Расположение груза в кузове, сохранность груза при транспортировке, безопасности погрузочно-разгрузочных операций (*организационные критерии*):

2.1. Время в наряде в сутки, ч ($ОКр_1$);

2.2. Число рабочих дней в году, дни ($ОКр_2$);

2.3. Число дней в капитальном ремонте, дни ($ОКр_3$);

2.4. Ресурс до капитального ремонта, тыс. км ($ОКр_4$);

2.5. Коэффициент ТОР, К, чел.*ч/1000 км ($ОКр_5$);

2.6. Простои по организационным причинам, дни ($ОКр_6$);

2.7. Количество ремонтных рабочих, чел. ($ОКр_7$);

2.8. Количество механиков в гараже, чел. ($ОКр_8$).

Система ограничений по данной группе оценочных критериев заключается в следующих постановках: соблюдение допустимых осевых нагрузок при максимальной полезной нагрузке транспортного средства; ответственность грузоотправителя за сохранность груза при транспортировке; оптимизации времени погрузочно-разгрузочных операций.

3. Группа 3. Совмещение потенциальных технических и технологических интересов с возможностями рынка автотранспортных услуг (*экономические, рыночные*).

3.1. Срок службы тягача, лет;

3.2. Темп роста эксплуатационных затрат на ТОР в год, % ($РКр_1$);

3.3. Тарифная ставка ремонтников, руб./ч ($РКр_2$);

3.4. Коэффициент накладных расходов ($РКр_3$);

3.5. Коэффициент затрат на запасные части ($РКр_4$);

3.6. Стоимость шины, тыс. руб. ($РКр_5$);

3.7. Цена автопоезда, млн. руб. ($РКр_6$);

3.8. Доля остаточной стоимости от цены после 8 лет эксплуатации, % ($РКр_7$).

Каждая комплектация подвижного состава анализировалась по соблюдению весовых параметров в порожнем состоянии, при равномерной (расположение центра тяжести посередине грузового отсека) загрузке до полной массы, при загрузке до полной массы со смещением центра тяжести и при весенне-осенних ограничениях: 6 т на одну ось, 10 т на группу из двух осей, 12 т на группу из трех осей, 16 т на группу из четырех осей [124].

Самый популярный (распространенный) тип транспортных средств седельный автопоезд, в составе тягача с колесной формулой 4Х2 (двухосный с двускатной ошиновкой) и трехосного шторного полуприцепа. Оптимальный вариант прицепного подвижного состава – стандартный шторный полуприцеп собственной массой не более 6 500 кг в составе с двухосным седельным тягачом и 6 800 кг с трехосным седельным тягачом. Преимущества шторной комплектации перед бортовым тентовым вариантом заключается в том, что данный вариант легче на 300-350 кг, нет необходимости открывать и закрывать борта, следовательно, быстрее возможно осуществить погрузку и разгрузку, упрощенная система крепежа стяжными ремнями. Алюминиевые борта современных полуприцепов не могут служить средством крепления, так как при превышении нагрузки высока вероятность его деформации и, следовательно, возникновение дополнительных затрат на ремонты и обслуживание. Преимущества шторной комплектации перед открытым бортовым вариантом заключаются в том, что груз защищен от осадков, удельная нагрузка (на один погонный метр) на раму/пол шторного полуприцепа несколько выше, так как часть нагрузки забирает на себя надстройка. Преимущества шторной комплектации перед фургоном/рефрижератором заключаются в том, что она легче на 800-1000 кг и имеется возможность погрузки сбоку сразу 2 МКР.

При перевозке готовой продукции комбината в МКР массой в 1 т и номинальной занимаемой площадью 1,0х1,0 м^2 возможно добиться максимальной полезной нагрузки за счет точного расположения и оптимального крепления груза. Для выбора транспортных средств были рассмотрены технические особенности подвижного состава и расположение груза в кузове при перевозке в МКР для следующих вариантов комплектаций (таблица 2.1).

Кроме того, в работе были рассмотрены различные варианты использования автопоездов при перевозке готовой продукции комбината, которые имеют в транспортно-логистической системе ряд значительных преимуществ, таких как: больший объем перевозки за один рейс; возможность различного уровня ремонта, технического обслуживания или замены только одной части автопоезда; несколько

меньшие отдельные статьи эксплуатационных затрат по сравнению с одиночными грузовиками [124].

Таблица 2.1 – Исходное множество возможных вариантов использования транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината [124]

№ п/п	Тип ТС	Минимальная предельная нагрузка на ось при полной загрузке ТС, т	Полный вес ТС при полной загрузке, т
1.	Пятиосный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа («еврофура») (ТС1)	10	40
2.	Пятиосный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с рефрижератором и трехосного полуприцепа (ТС2)	10	40
3.	Шестиосный автопоезд в составе трехосного седельного тягача и трехосного полуприцепа (ТС3)	10	44
4.	Шестиосный автопоезд в составе двухосного седельного тягача и четырехосного полуприцепа (ТС4)	10	44
5.	Одиночный 2-х осный грузовик 4х2 (ТС5)	10	18
6.	Одиночный 3-х осный грузовик 6х2 (ТС6)	15 на 2 оси	25
7.	Одиночный самосвал с колесной формулой 8х4 (ТС7)	16 на 2 оси	32
8.	Самосвальный автопоезд в составе трехосного седельного тягача с колесной формулой 6х4 и трехосного полуприцепа (ТС8)	36,5 на три оси	44
9.	Самосвальный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа (ТС9)	18	40

Вариант 1. Пятиосный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа («еврофура»)

Данный вид транспортного предлагается использовать как один из основных, исходя из описанных критериев выбора подвижного состава.

Внутренние размеры полуприцепа: тент 13,62 х 2,47 х 2,67-2,71 м, допустимая осевая нагрузка погрузчика на пол 5,4 или 7,1 т; рефрижератор 13,31 х 2,46 х 2,6 м, допустимая осевая нагрузка погрузчика на пол 7 т.

Для расчета был взят автопоезд собственной массой 15 338 с допустимой полной массой для пятиосного автопоезда в России 40 000 кг. Полезная нагрузка может составлять 24642 кг (рисунок 2.1).

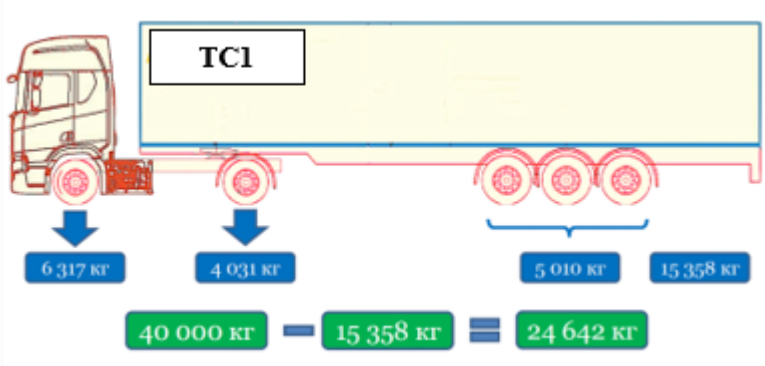


Рисунок 2.1 – Общий вид автопоезда собственной массой 15338кг с допустимой полной массой для пятиосного автопоезда в 40 000 кг и полезной нагрузкой 24642кг

При этом при равномерной загрузке данного автопоезда до максимальной полной массы с расположением центра тяжести посередине полуприцепа получаем перегруз по ведущей оси тягача (рисунок 2.2).

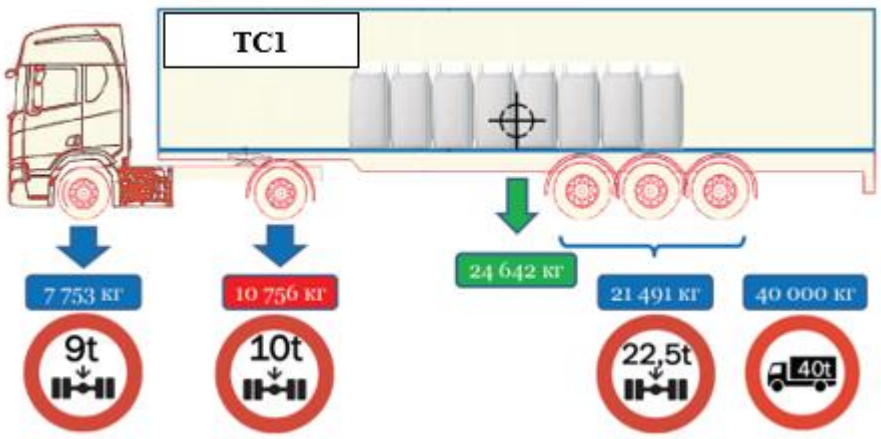


Рисунок 2.2 – Вариант равномерной загрузки автопоезда до максимальной полной массы с расположением центра тяжести посередине полуприцепа

При загрузке с расположением центра тяжести посередине без превышения осевых нагрузок максимальная полезная нагрузка не должна превышать 21900 кг (рисунок 2.3).

Основной проблемой соблюдения осевых нагрузок данного вида автопоезда является перегруз ведущей оси тягача при недогруженной группе прицепных осей. Расставив груз так, чтобы центр тяжести сдвинулся назад, можем погрузить 24 000 кг или 24 МКР (рисунок 2.4).

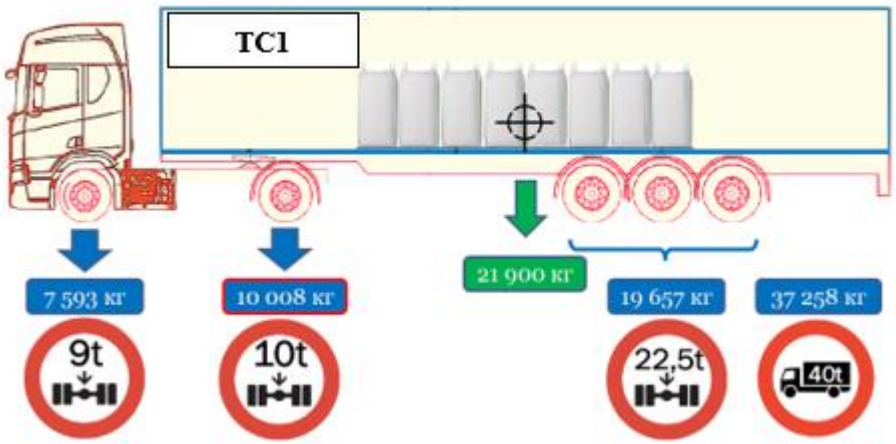


Рисунок 2.3 – Загрузка автопоезда с расположением центра тяжести посередине без превышения осевых нагрузок

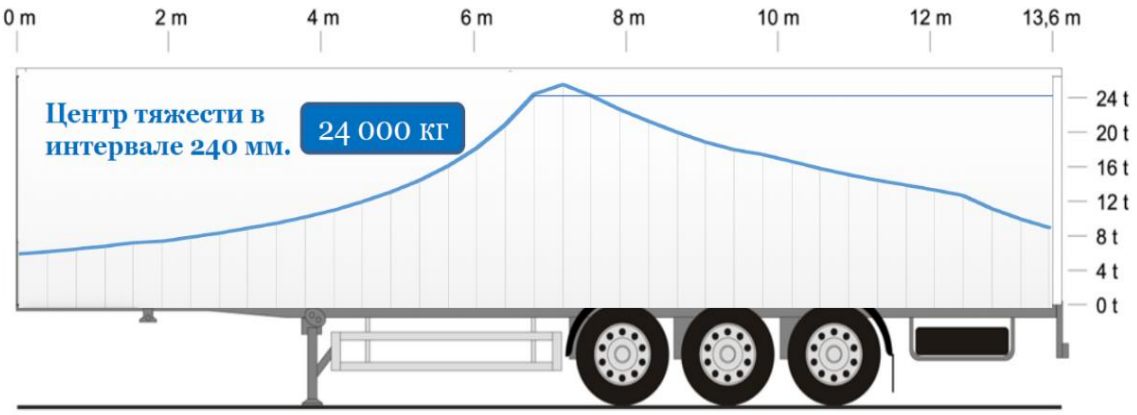


Рисунок 2.4 – Диаграмма позиционирования центра тяжести автопоезда при максимальной загрузке

В этой связи было рассмотрено два варианта размещения МКР: вариант 1-размещение 21 МКР; вариант 2 – размещение 24 МКР.

Вариант 1 расстановки 21 МКР (способ 1). В данном варианте первые три ряда расставляются по 1 МКР без расстояния между передней стенкой и между собой. Далее следует 9 рядов по два МКР в каждом. При данном варианте расстановки происходит перегруз по ведущей оси тягача. Таким образом, такой способ расстановка МКР не допустим (рисунок 2.5).

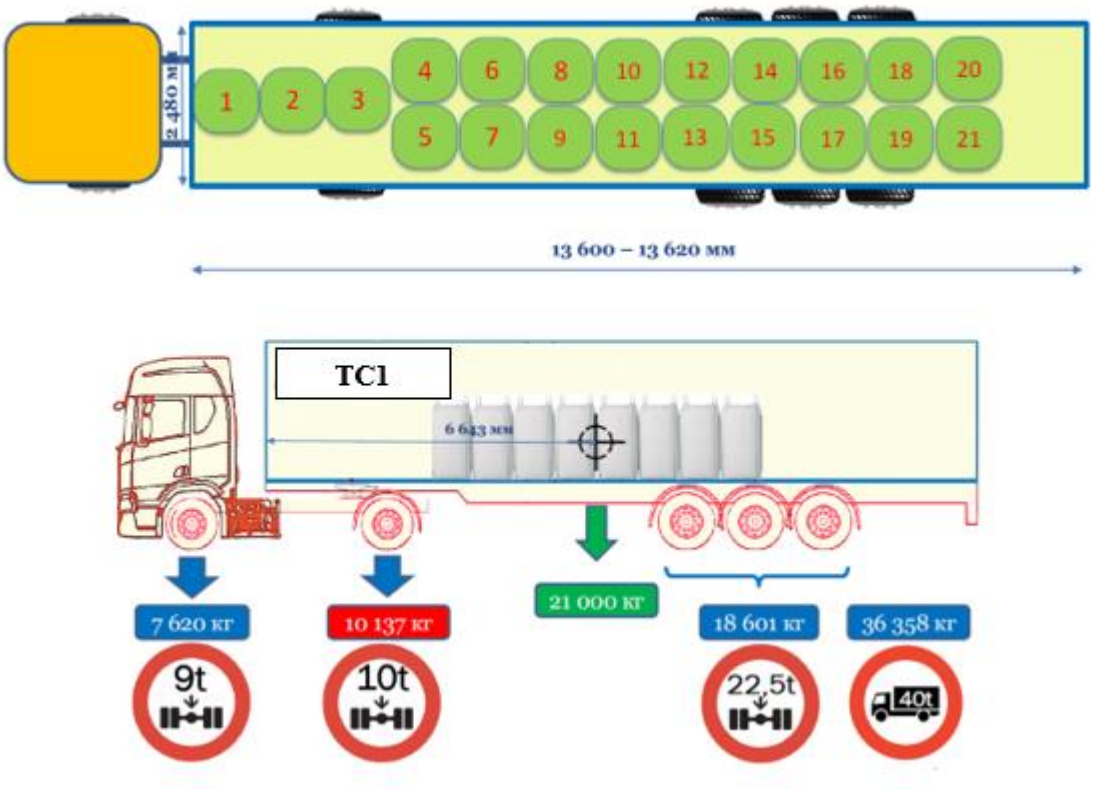


Рисунок 2.5 – Вариант расстановки в автопоезде 21 МКР (способ 1)

Вариант 1 расстановки 21 МКР (способ 2). В данном варианте первые четыре ряда расставляются по 1 МКР без расстояния между передней стенкой и между собой. Далее следует 8 рядов по два МКР в каждом и еще один ряд по 1 МКР. При данном варианте расстановки перегруза по осям нет. Необходимо использовать данный вариант расстановки МКР (рисунок 2.6).

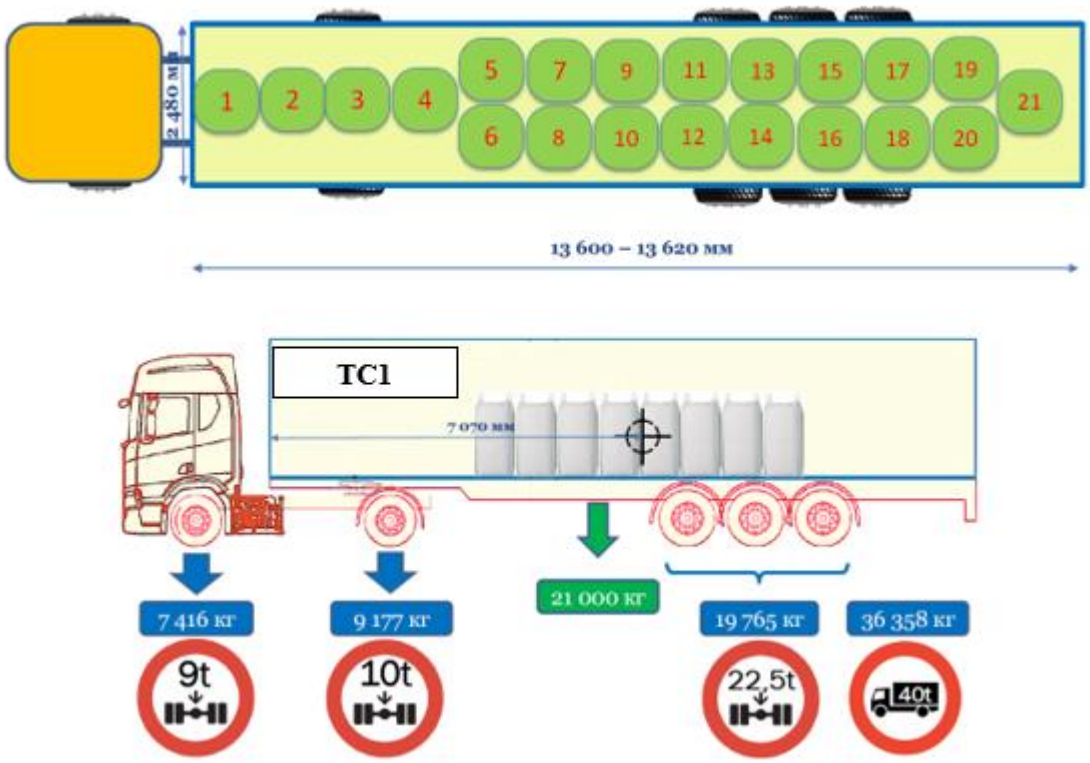


Рисунок 2.6 – Вариант расстановки в автопоезде 21 МКР (способ 2)

Вариант 1 расстановки 24 МКР. В данном варианте первые два ряда расставляются по 1 МКР без расстояния между передней стенкой и между собой. Если остальные 11 рядов станут ровно в 11 м, то расстояние от передней стенки до 3-го ряда должно быть не менее 2,1 м. Иначе будет перегруз по ведущей оси тягача. 24 МКР войдет, если в среднем в длину каждый МКР не будет превышать 1,04 м (рисунок 2.7).

Вариант 1 расстановки 24 МКР с более легким седельным тягачом.

При замене тягача на более легкий, в том числе по рулевой оси, в него потенциально можно загрузить 25 255 кг. При равномерной загрузке 24 МКР все осевые габариты в норме (рисунок 2.8).

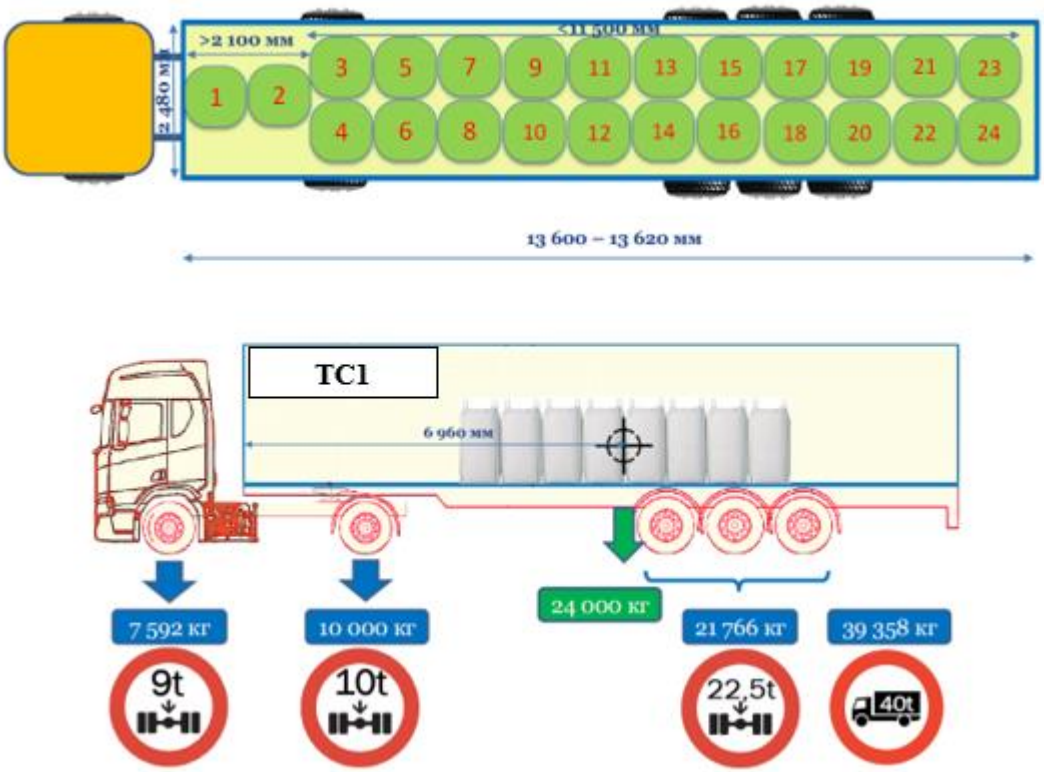


Рисунок 2.7 – Вариант расстановки в автопоезде 24 МКР

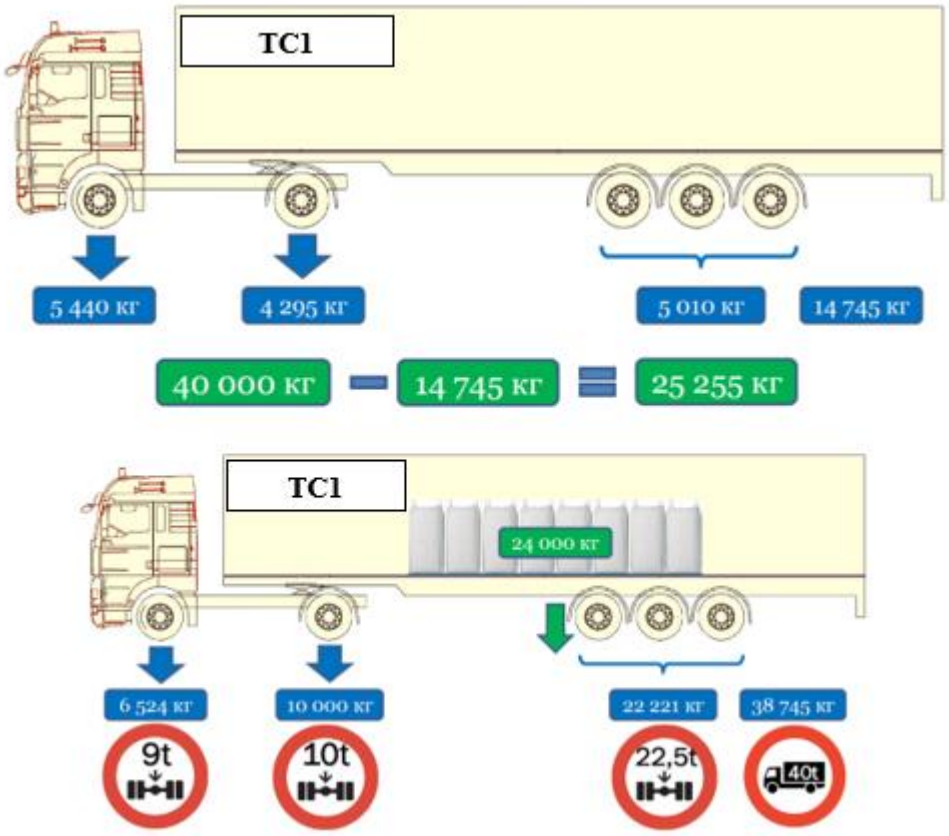


Рисунок 2.8 – Расстановка 24 МКР с седельным тягачом грузоподъемностью 25255кг

<u>Вариант 2</u>. Пятиосный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с рефрижератором и трехосного полуприцепа

Способ 1. В данном способе первые три ряда расставляются по 1 МКР без расстояния между передней стенкой и между собой. Далее следует 9 рядов по два МКР в каждом. Вместимость составляет 21 МКР. При данном варианте расстановки происходит перегруз по ведущей оси тягача. Таким образом, такой способ расстановка МКР не допустим (рисунок 2.9).

Способ 2. В данном способе первые четыре ряда расставляются по 1 МКР без расстояния между передней стенкой и между собой. Далее следует 8 рядов по два МКР в каждом и еще один ряд по 1 МКР. Вместимость составляет 21 МКР. При данном варианте расстановки перегруза по осям нет. Необходимо использовать данный вариант расстановки МКР (рисунок 2.10).

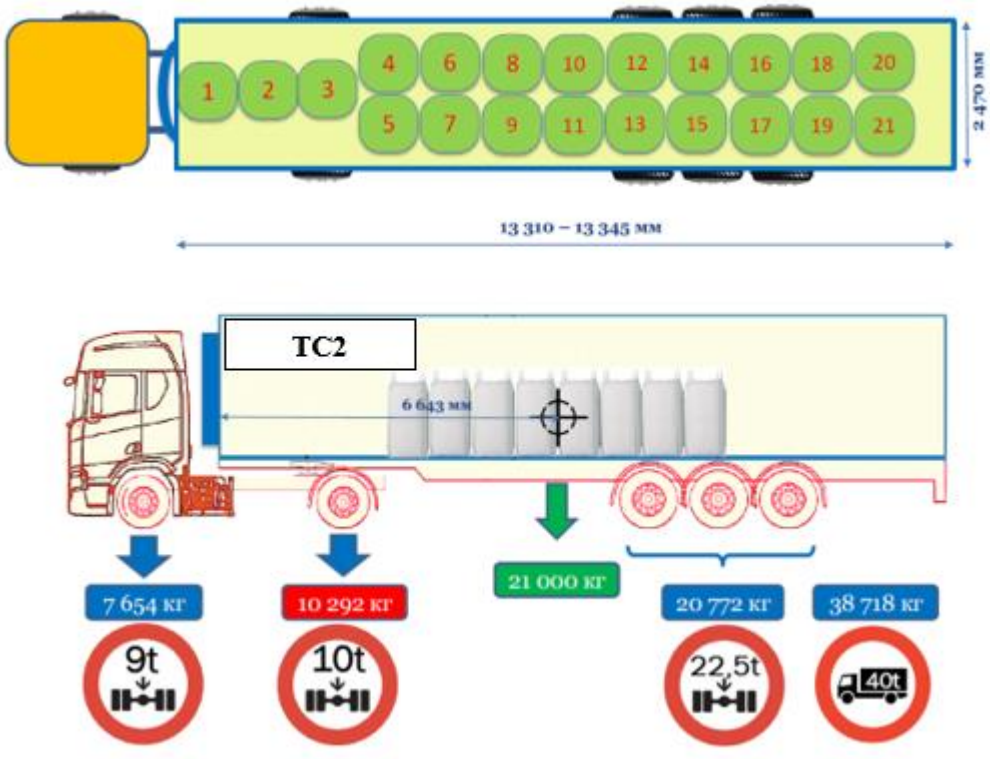


Рисунок 2.9 – Расстановка 21 МКР (способ 1) в двухосном седельном тягаче с рефрижератором и трехосном полуприцепе

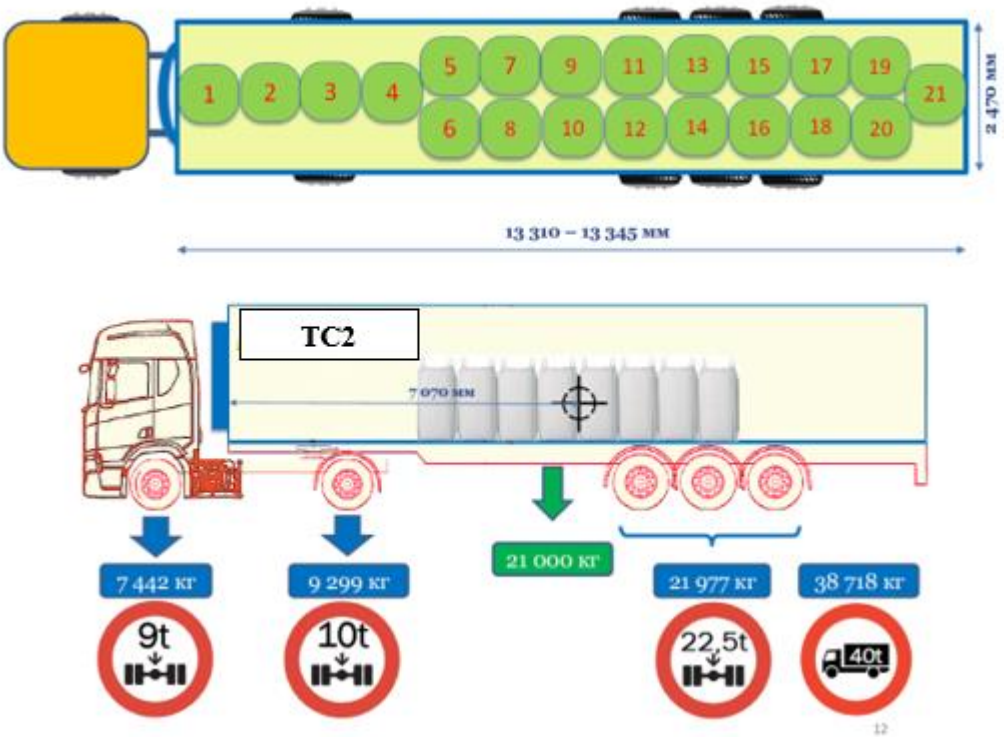


Рисунок 2.10 – Расстановка 21 МКР (способ 2) в двухосном седельном тягаче с рефрижератором и трехосном полуприцепе

<u>Вариант 3</u>. Шестиосный автопоезд в составе трехосного седельного тягача и трехосного полуприцепа

Основное преимущества шестиосного автопоезда это полная масса 44 т вместо 40 т у пятиосного. Седельный тягач может быть с колесной формулой 6х4 (оба задних моста ведущие) и одним из вариантов 6х2, когда ведущий мост один - либо средний, либо задний. У 6х4 распределение нагрузки по осям 50/50, у 6х2 от 55/45 до 70/30. Собственная масса автопоезда 3+3 с тягачом 6х4 в облегченной конструкции 15420 кг. В российском варианте на 1000-1200 кг больше.

Седельный тягач с колесной формулой 6х2 (рулевая ось, ведущая ось с двойной ошиновкой и подъемная ось с одиночной ошиновкой) является наиболее удачной комплектацией. Тягач несколько легче, чем 6х4, эксплуатационные расходы ниже, проходимость в плохую погоду по дорогам с твердым покрытием и в горку лучше за счет поднятия задней оси при начале движения и на маленькой

скорости. Потенциальная полезная нагрузка составляет 29308 кг. На рисунке 2.11 изображена порожняя развесовка автопоезда с поднятой задней осью тягача.

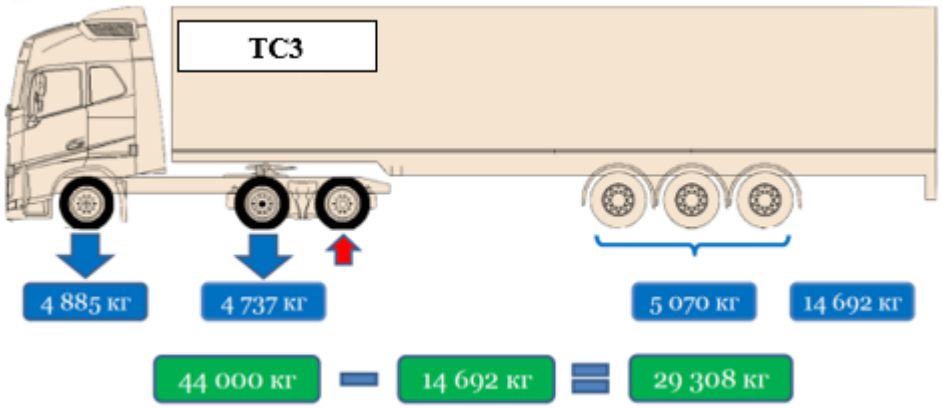


Рисунок 2.11 – Порожняя развесовка автопоезда с поднятой задней осью тягача

Однако, 28 МКР в него невозможно загрузить из-за недостаточных внутренних габаритов полуприцепа. Максимально возможная загрузка реализуется при равномерном размещение 26 МКР (рисунок 2.12), при этом все осевые габариты в норме. При использовании седельного тягача с колесной формулой 6Х4 его собственная масса выше, однако это не мешает грузить 26 МКР без нарушения осевых нагрузок.

Конфигурация седельного тягача с колесной формулой 6х2/4 (рулевая ось, подъемная ось с одиночной ошиновкой и ведущая ось с двойной ошиновкой) в отличие от предыдущего варианта не располагает таким выбором технических возможностей при движении. Потенциальная полезная нагрузка составляет 29060кг и 26 МКР грузится без нарушения осевых нагрузок (рисунок 2.13).

Вариант 4. Шестиосный автопоезд в составе двухосного седельного тягача и четырехосного полуприцепа

В данной конфигурации допускается полная масса транспортного средства в 44 тонны, при этом автопоезд в составе седельного тягача с колесной формулой 4х2 (рулевая ось и ведущая ось с двойной ошиновкой) с четырехосным полуприцепом длиной 16,5 м (110м^3) имеет переднюю ось, отставленную на 2510 мм.

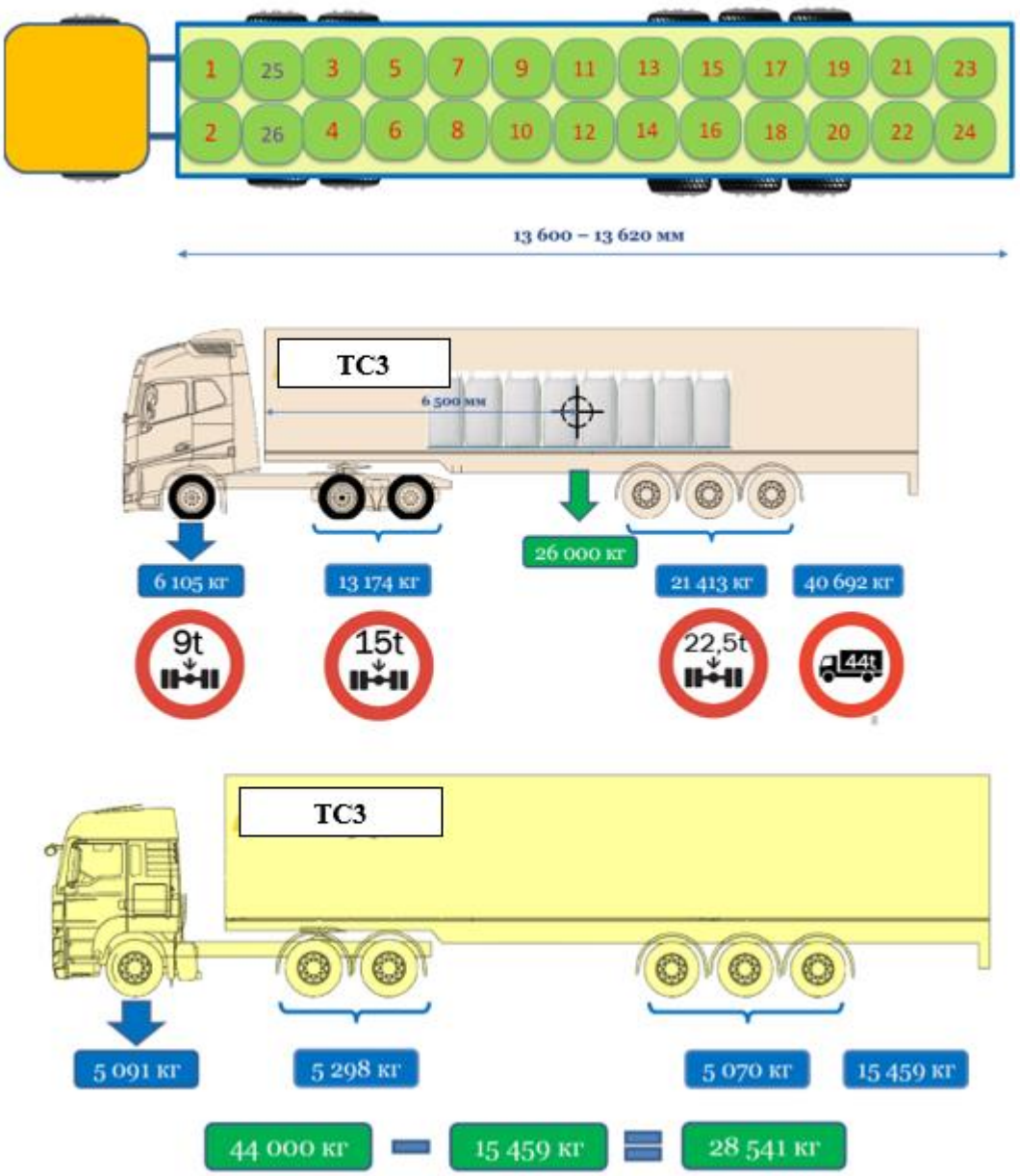


Рисунок 2.12 – Размещение 26 МКР в седельном тягаче с колесной формулой 6х2

Автопоезд эффективен только при опускании отставленной оси полуприцепа при весовом контроле и ее поднятии в транспортном режиме. Ездить с ней и, особенно, маневрировать проблематично. При поднятой оси в «транспортном положении» возникает перегруз по ведущей оси тягача и трехосной группы полуприцепа. Потенциальная полезная нагрузка 27 585 кг. Увеличенные размеры полуприцепа позволяют при равномерной загрузке погрузить 27 МКР. С

опущенной осью (при прохождении весового контроля) все осевые габариты в норме (рисунок 2.14).

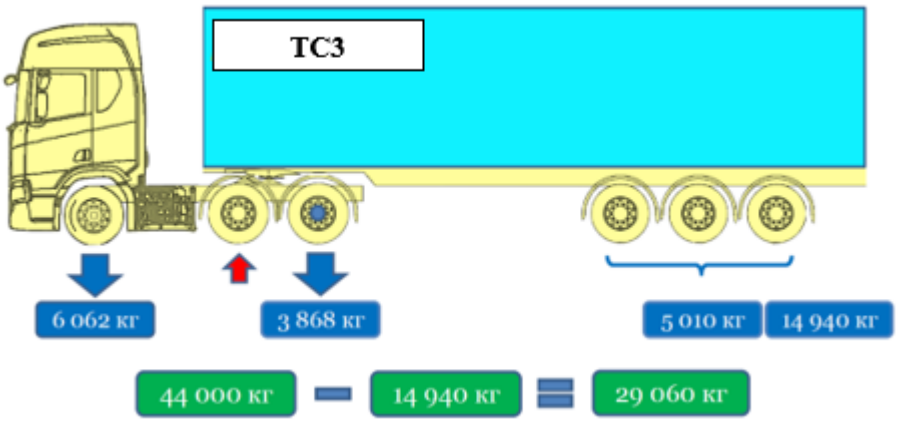


Рисунок 2.13 – Размещение 26 МКР в седельном тягаче с колесной формулой 6х2/4

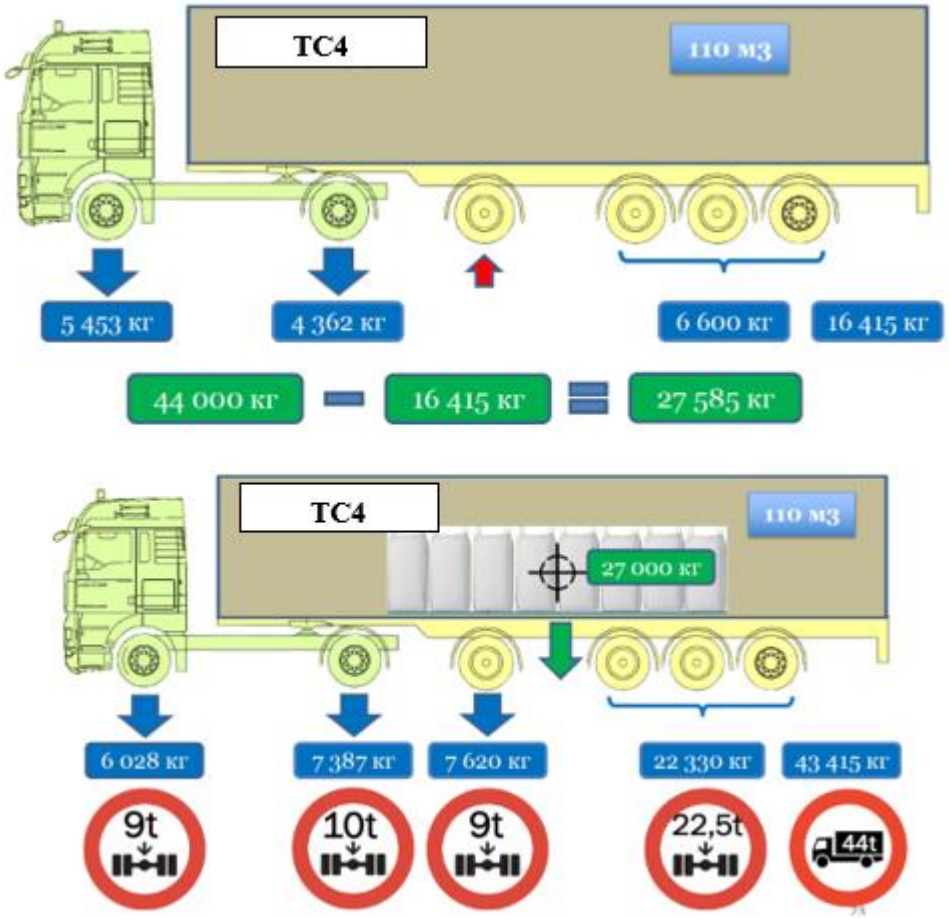


Рисунок 2.14 – Размещение 27 МКР в шестиосном автопоезде в составе двухосного седельного тягача и четырехосного полуприцепа

Для перевозки готовой продукции комбината возможно использовать одиночные самосвалы. Основные преимущества использования одиночных самосвалов заключаются в следующем:

- наличие подогрева кузова, что является крайне важным при работе при минусовых температурах и влажном продукте;
- лучшая проходимость при нежестком дорожном полотне;
- универсальность разгрузки.

Вариант 5. Одиночный двухосный грузовик

Одиночный грузовик с легким кузовом (тент или облегченный фургон) с колесной формулой 4х2. Потенциальная полезная нагрузка 10 586 кг. Возможна перевозка 10 МКР с немного смещенным вперед центром тяжести (рисунок 2.15).

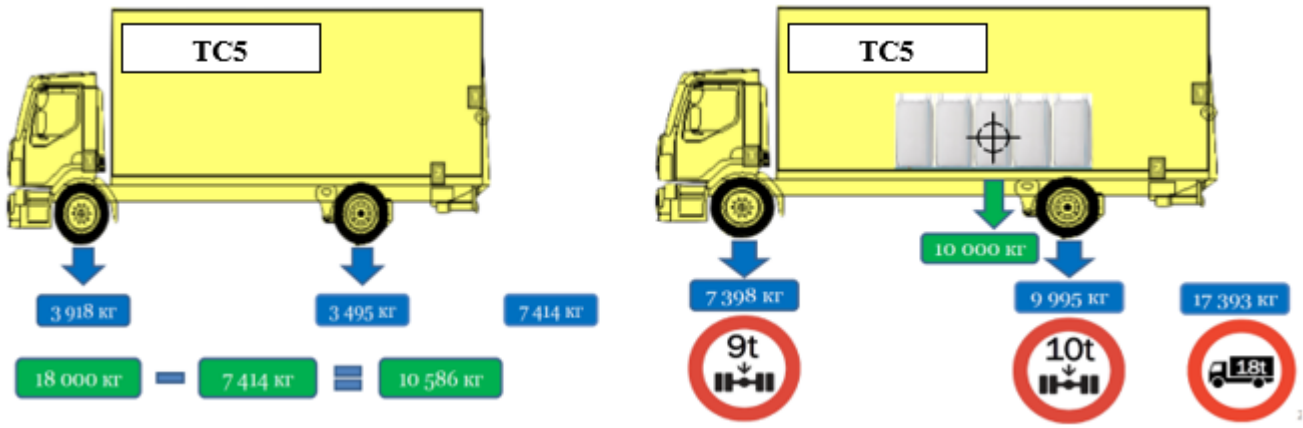


Рисунок 2.15 – Перевозка 10 МКР на одиночном двухосном грузовике

Вариант 6. Одиночный трехосный грузовик

Одиночный грузовик со шторным кузовом с колесной формулой 6х2 (рулевая ось, ведущая ось с двойной ошиновкой и подъемная ось с одиночной ошиновкой). Потенциальная полезная нагрузка 13 970 кг. Возможна загрузка 12 МКР при распределении осевых нагрузок 65% на ведущую ось и 35% на подъемную. Если будет 70%, то по ведущей оси будет превышение допустимой нагрузки на одиночную ось в 10 тонн (рисунок 2.16).

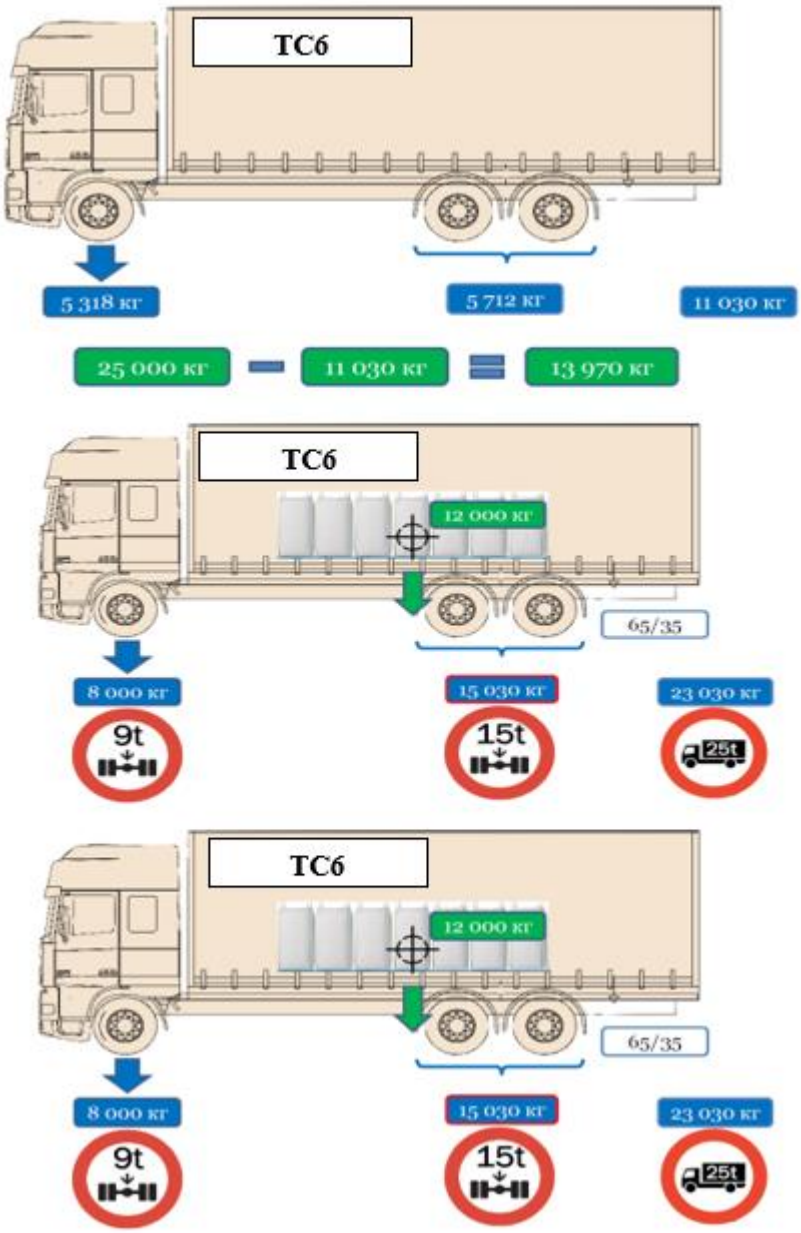


Рисунок 2.16 – Перевозка 12 МКР на одиночном трехосном грузовике

<u>Вариант 7.</u> Одиночный самосвал с колесной формулой 8х4

Одиночный самосвал с колесной формулой 8х4 (две рулевых оси и две ведущих оси с двойной ошиновкой) с объемом кузова 20 м^3. Потенциальная полезная нагрузка 16500 кг. Межосевое расстояние у рулевых осей 1795 мм. С одиночной ошиновкой при межосевом расстоянии 1300 – 1800 мм. Допускается нагрузка на группу осей 15000 кг. Межосевое расстояние у ведущих осей 1400 мм, оно также попадает в этот интервал, но при сдвоенной ошиновке допускается нагрузка на группу осей уже 1 000 кг. Суммарно две группы осей дают всего

31 000кг, поэтому полезная нагрузка на 500 кг ниже 15500 кг. При равномерной загрузке 15500 кг происходит перегруз по группе ведущих осей (рисунок 2.17).

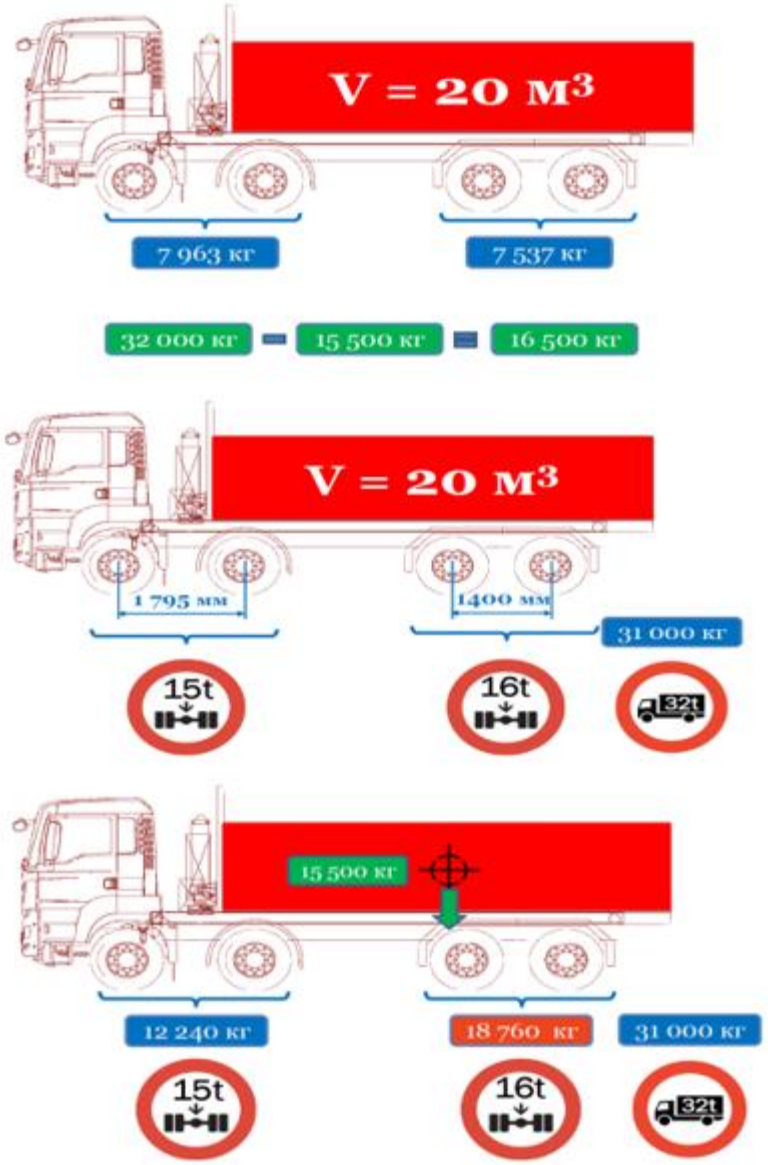


Рисунок 2.17 – Перегруз по группе ведущих осей при равномерной загрузке 15500кг одиночного самосвала с колесной формулой 8х4

При соблюдении осевых ограничений возможна загрузка 11689 кг (рисунок 2.18).

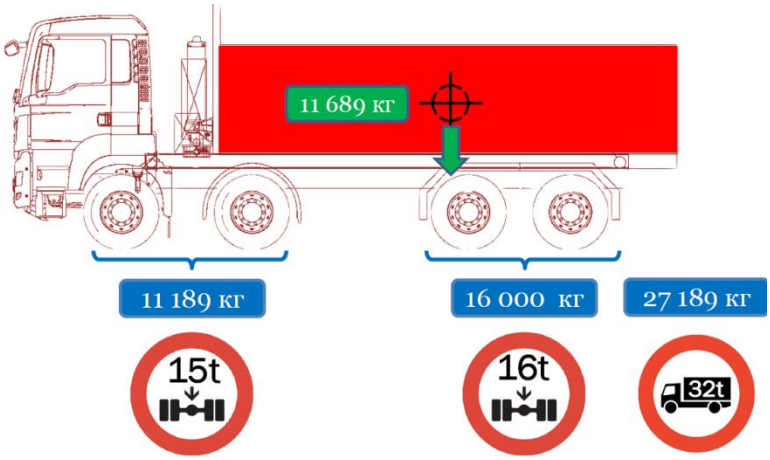


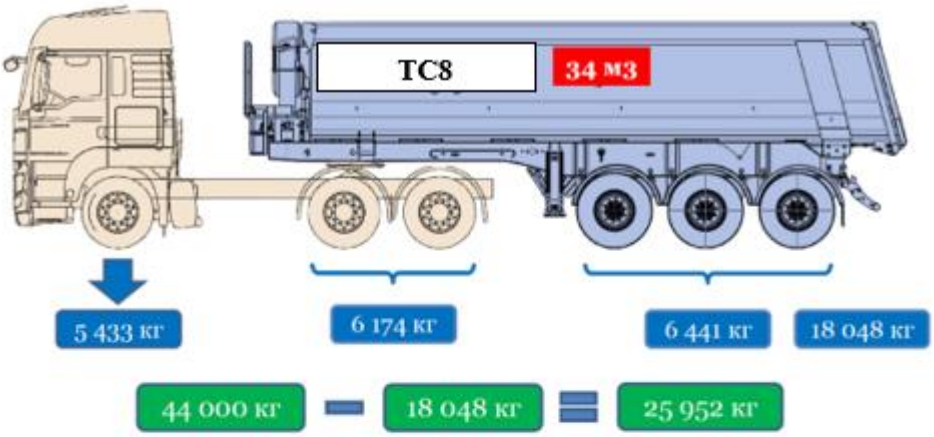
Рисунок 2.18 – Загрузка 11689 кг при соблюдении осевых ограничений одиночного самосвала с колесной формулой 8х4

Вариант 8. Самосвальный автопоезд в составе трехосного седельного тягача с колесной формулой 6х4 и трехосного полуприцепа

Одной из базовых характеристик для данного варианта самосвала является наличие седельно-сцепного устройства шкворневого типа, которое определяет многие технические и эксплуатационные характеристики автопоезда, прежде всего, качество и скорость управления, устойчивость на дорожном полотне, маневренность при погрузочно-разгрузочных работах, плавность хода на дорогах с различным покрытием, проходимость при различных погодных и климатических условиях, надежность эксплуатации, комфорт и безопасность, а также ряд технико-экономических показателей.

При переднем положении сцепного шкворня потенциальная полезная нагрузка равна 25952 кг. При равномерной загрузке 25952 кг до разрешенной полной массы в 44000 кг происходит перегруз по группе прицепных осей (рисунок 2.19). Без перегруза по осям в эту комбинацию можно загрузить 22657 кг (рисунок 2.20). При загрузке 35000 кг возникает перегруз, в том числе технический, по группе прицепных осей (рисунок 2.21).

При загрузке полного кузова 34м^3 возникает перегруз по группе ведущих осей тягача более, чем в два раза, по группе прицепных осей и на 63% перегруз по техническим параметрам группы прицепных осей (рисунок 2.22).



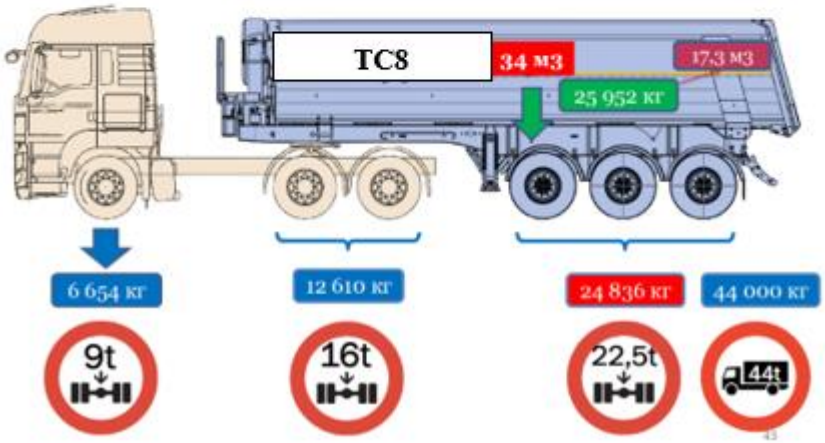


Рисунок 2.19 – Перегруз по группе прицепных осей при равномерной загрузке 25952кг до разрешенной полной массы в 44000 кг

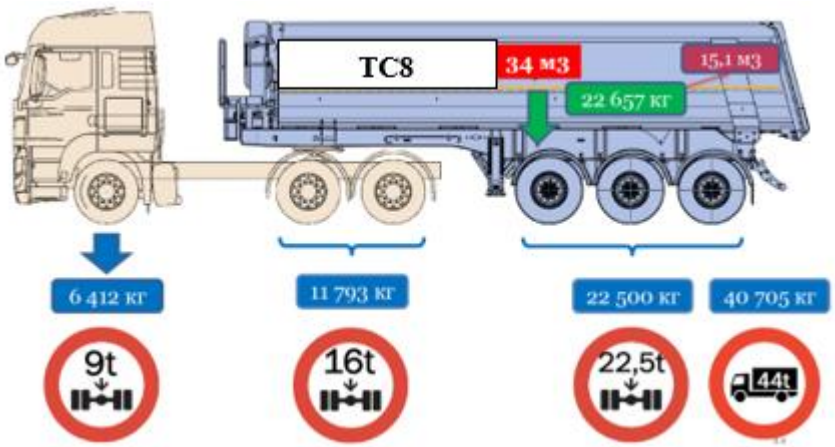


Рисунок 2.20 – Равномерная загрузка 22657 кг без перегруза по группе прицепных осей до разрешенной полной массы в 44000 кг

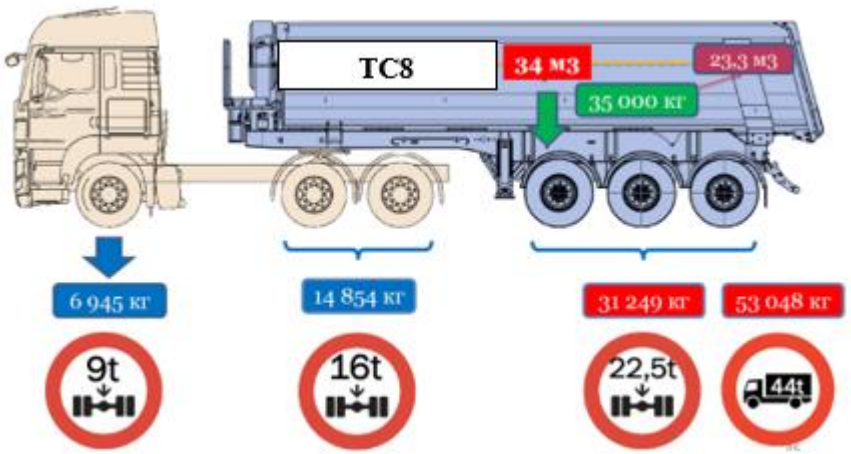


Рисунок 2.21 – Возникновения перегруза, в том числе технического, по группе прицепных осей при загрузке 35000 кг

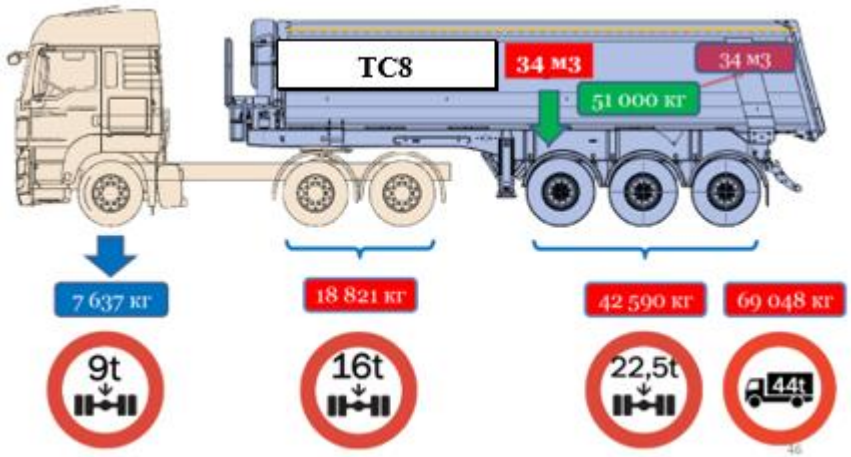


Рисунок 2.22 – Возникновение перегруза по группе ведущих осей тягача по группе прицепных осей и техническим параметрам группы прицепных осей при загрузке полного кузова 34м^3

При заднем положении сцепного шкворня потенциальная полезная нагрузка составляет 25952 кг. При равномерной загрузке 25952 кг до разрешенной полной массы в 44000 кг происходит перегруз по группе прицепных осей. Расстояние от задней оси тягача до первой оси полуприцепа составляет 2123 мм, то есть менее 2500 мм (рисунок 2.23). В такой постановке две ведущие оси тягача и три оси полуприцепа считаются как группа из пяти осей, на которые допускается нагрузка 32500 кг, значит перегруз прогнозируется еще выше (рисунок 2.24).

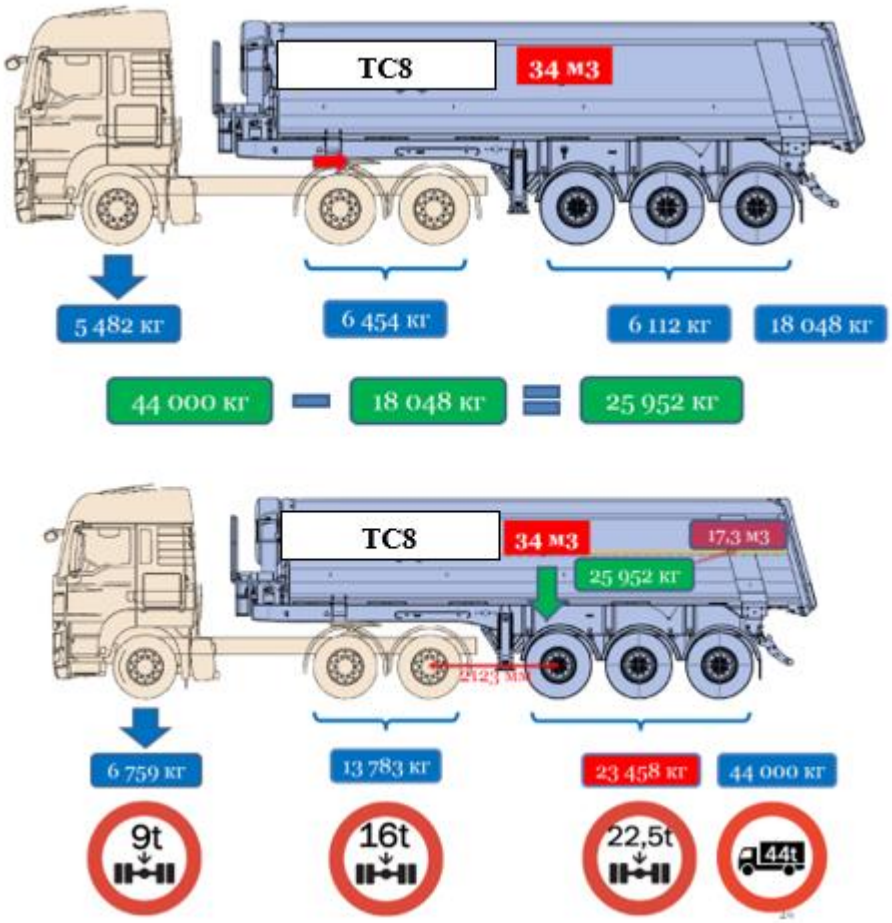


Рисунок 2.23 – Возникновение перегруза по группе прицепных осей при равномерной загрузке 25952 кг до разрешенной полной массы в 44000 кг

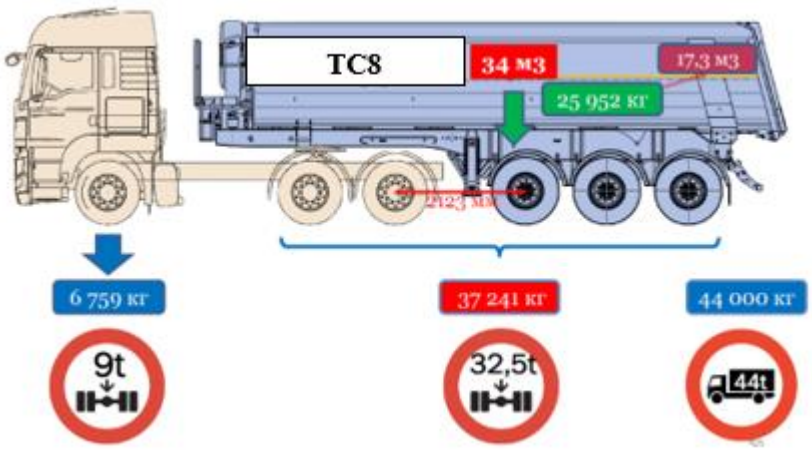


Рисунок 2.24 – Возникновение перегрузка при рассмотрении группы из пяти осей тягача

Загрузка с соблюдением осевых ограничений без учета расстояния от задней оси тягача до первой оси полуприцепа составляет 24519 кг (рисунок 2.25).

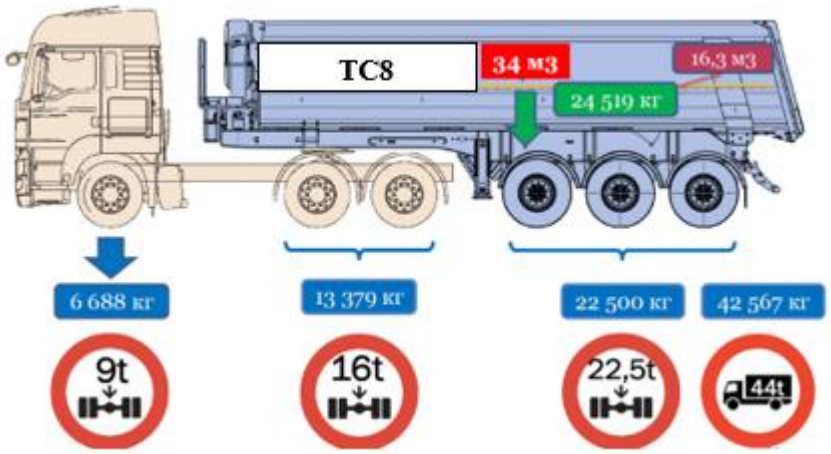


Рисунок 2.25 – Загрузка тягача с соблюдением осевых ограничений без учета расстояния от задней оси до первой оси полуприцепа

При загрузке 24519 кг с учетом расстояния от задней оси тягача до первой оси полуприцепа возникает перегруз по пятиосной группе осей (рисунок 2.26).

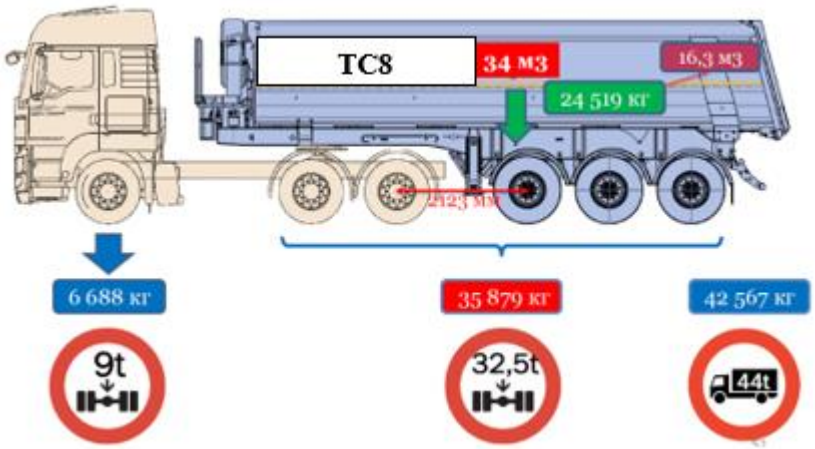


Рисунок 2.26 – Возникновение перегруза по пятиосной группе осей при загрузке 24 519 кг с учетом расстояния от задней оси тягача до первой оси полуприцепа

При загрузке 35000 кг возникает перегруз по группе ведущих осей тягача и группе прицепных осей без учета расстояния от последней оси тягача до первой оси полуприцепа (рисунок 2.27).

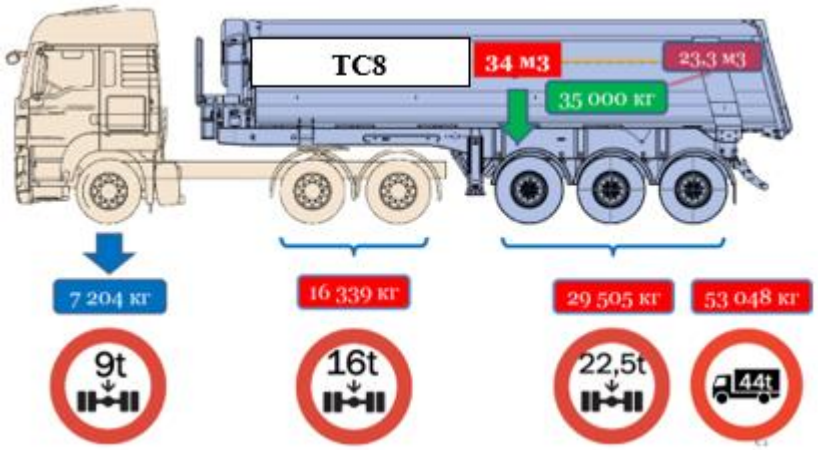


Рисунок 2.27 – Возникновение перегруза по группе ведущих осей тягача и группе прицепных осей при загрузке 35000 кг

При загрузке 35000 кг с учетом расстояния от последней оси тягача до первой оси полуприцепа возникает перегруз по пятиосной группе осей (рисунок 2.28).

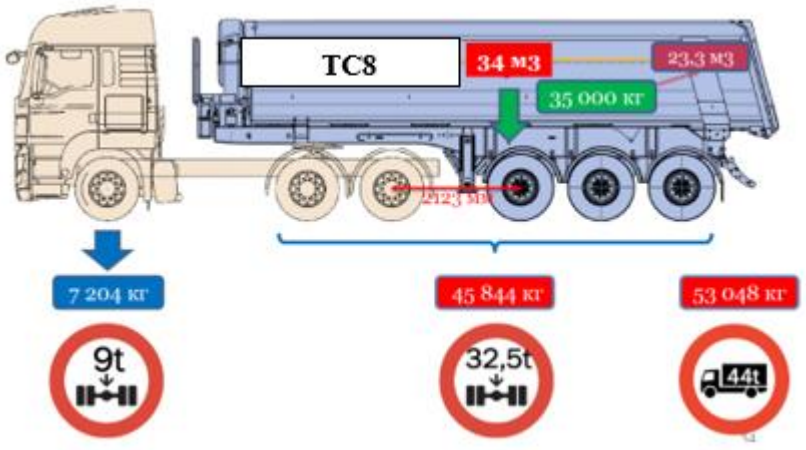


Рисунок 2.28 – Возникновение перегруза по пятиосной группе осей при загрузке 35 000 кг с учетом расстояния от последней оси тягача до первой оси полуприцепа

При загрузке полного кузова 34м^3 возникает перегруз по группе ведущих осей тягача, по группе прицепных осей и перегруз по техническим параметрам группы прицепных осей (рисунок 2.29).

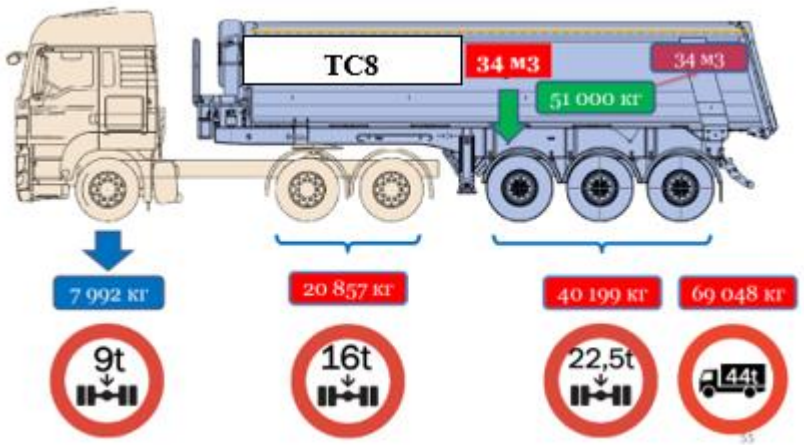


Рисунок 2.29 – Возникновение перегруза по группе ведущих осей тягача, по группе прицепных осей и перегруз по техническим параметрам группы прицепных осей при загрузке полного кузова 34м^3

При загрузке полного кузова 34м^3 возникает перегруз по пятиосной группе осей (рисунок 2.30).

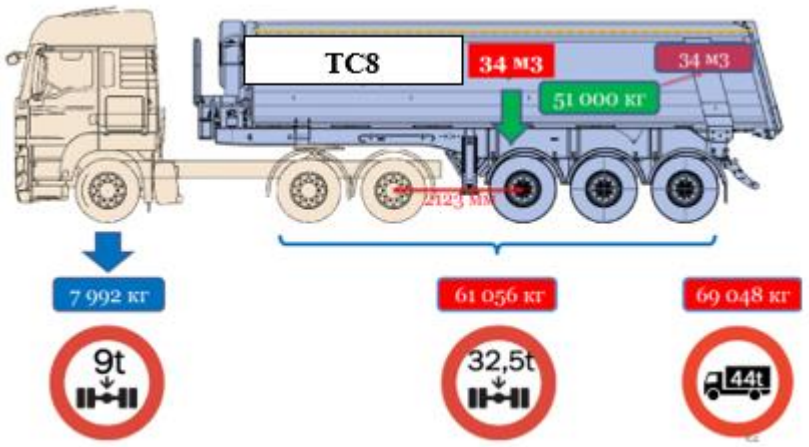


Рисунок 2.30 – Возникновение перегруза по пятиосной группе осей при загрузке полного кузова 34м^3

Вариант 9. Самосвальный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа

У данного типа автопоезда рулевая ось и ведущая ось с двойной ошиновкой, а объем кузова составляет 34 м^3. Это один из самых больших кузовов, применяемых на территории РФ («Тонар»), и один из самых легких.

При заднем положении сцепного шкворня потенциальная полезная нагрузка составляет 22352кг. При равномерной загрузке 22352кг до разрешенной полной массы в 40000 кг происходит перегруз по ведущей оси тягача. Предсказуемо сместить центр тяжести сыпучего груза почти невозможно (рисунок 2.31).

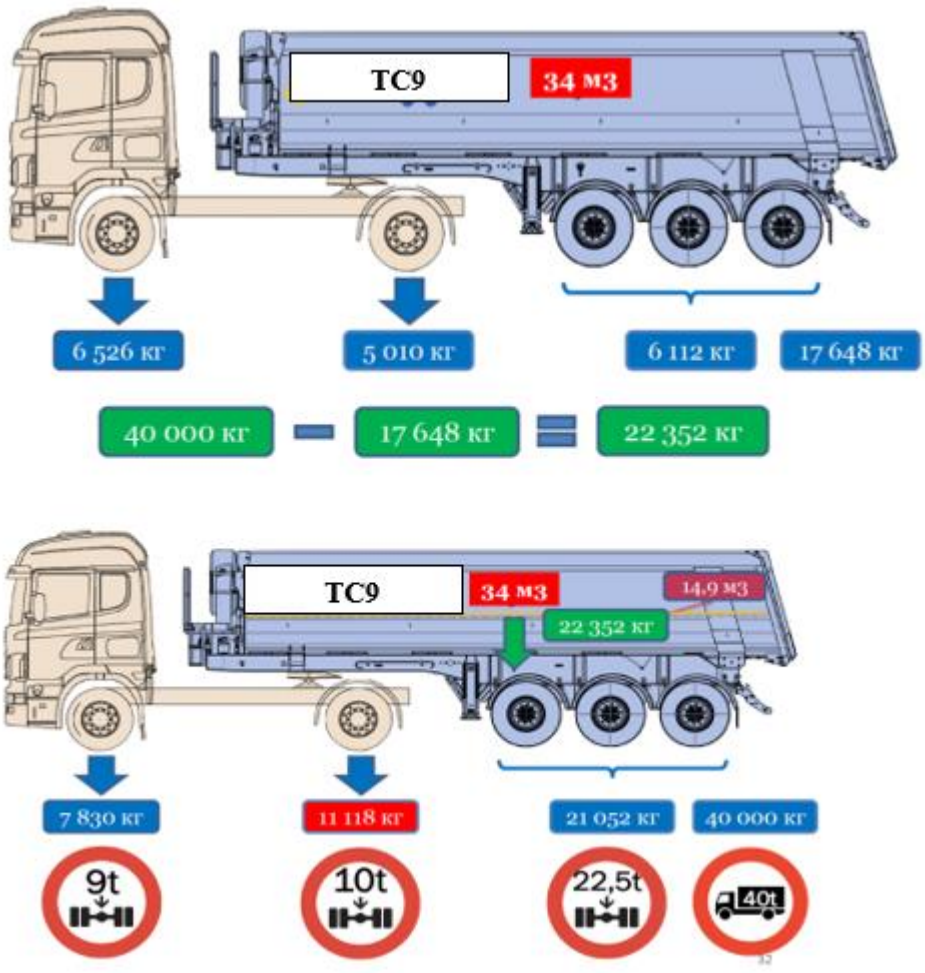


Рисунок 2.31 – Перегруз по ведущей оси тягача при равномерной загрузке 22352 кг до разрешенной полной массы в 40000 кг

Без перегруза по осям в эту комбинацию можно загрузить 18259 кг (рисунок 2.32).

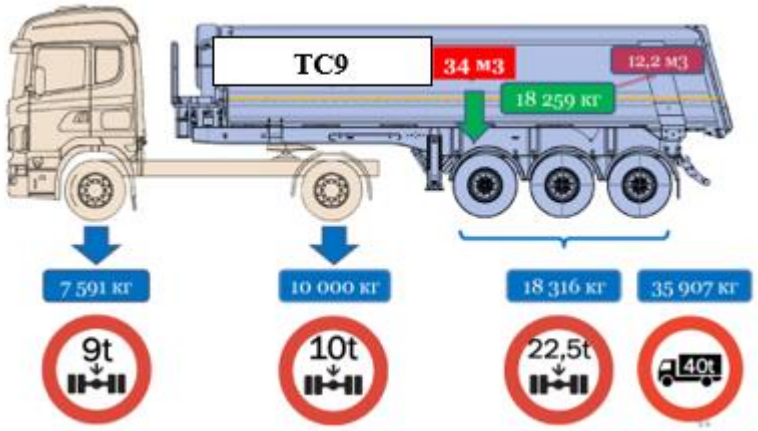


Рисунок 2.32 – Загрузка самосвального автопоезда 18259 кг без перегруза

При загрузке 35000 кг возникает перегруз, в том числе технический, по ведущей оси тягача и группе прицепных осей (рисунок 2.33).

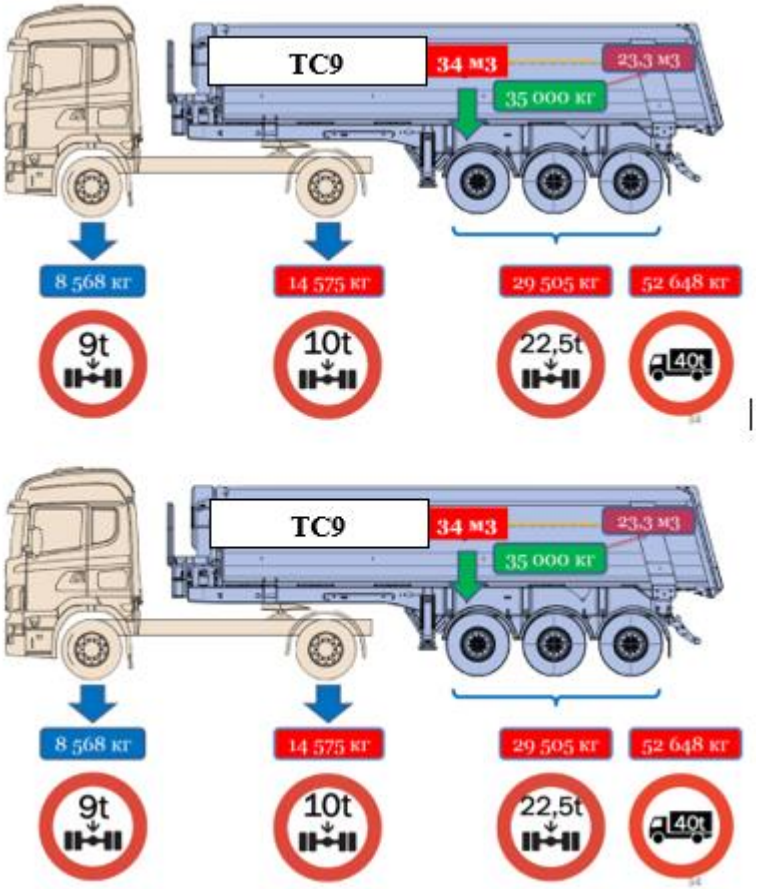


Рисунок 2.33 – Возникновение перегруза, в том числе технического, по ведущей оси тягача и группе прицепных осей при загрузке 35000 кг

При загрузке полного кузова 34м^3 возникает перегруз, в том числе технический, по всем параметрам, что сопряжено с возникновением различных рисковых ситуаций: взрывы колес от перегрева; отказ тормозной системы; плохая стабилизация при движении автопоезда (рисунок 2.34).

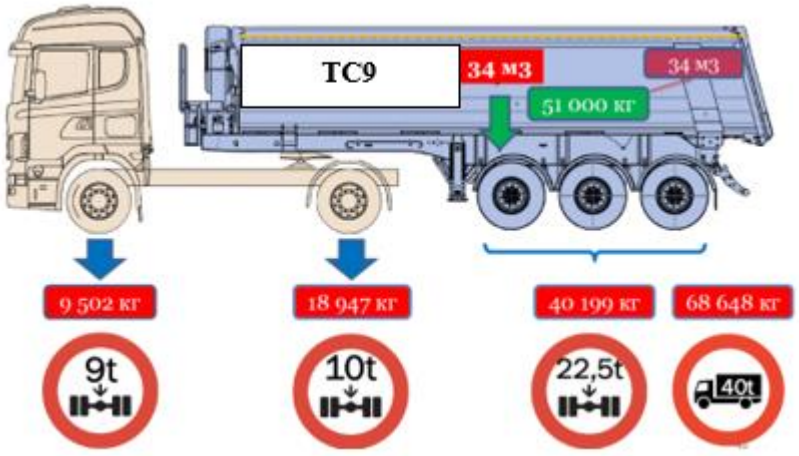


Рисунок 2.34 – Возникновение перегруза, в том числе технического по всем параметра при загрузке полного кузова 34м^3

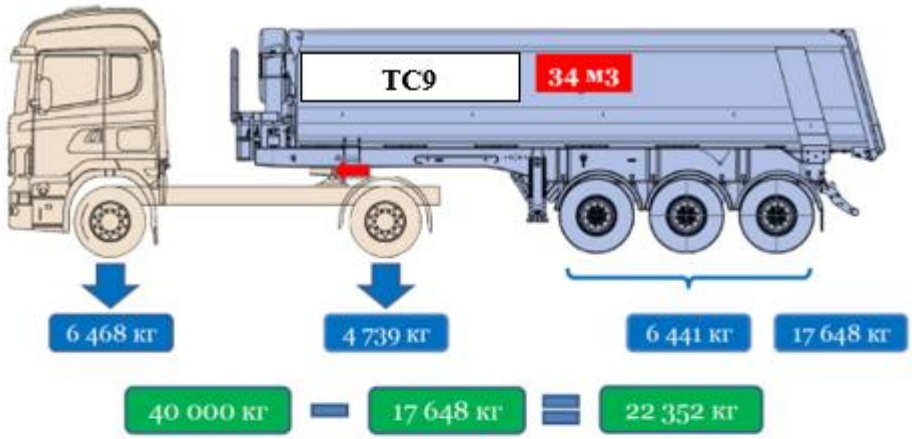
При заднем положении сцепного шкворня потенциальная полезная нагрузка транспортного средства составляет 22352кг. При равномерной загрузке продукцией массой 22352кг до разрешенной полной массы в 40000кг происходит перегруз по группе прицепных осей на пределе допустимых 2%. (рисунок 2.35).

При загрузке продукции массой 35000кг возникает перегруз, в том числе и технический, как по ведущей оси тягача (небольшой, допустимый 13т), так и более существенный по группе прицепных осей (рисунок 2.36).

При загрузке продукции до полного кузова объемом в 34м^3 возникает перегруз, в том числе и технический, по всем параметрам (рисунок 2.37).

Проведенные исследования позволили определить размеры вреда при превышении значимых допустимых осевых перегрузок на одну ось и вреда при превышении значений допустимой массы на каждые 100 километров перевозки грузов для каждого варианта транспортных средств согласно Постановлению Правительства РФ от 31.01.2020 N 67 (ред. от 26.10.2020) «Об утверждении Правил

возмещения вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами» (таблица 2.2).



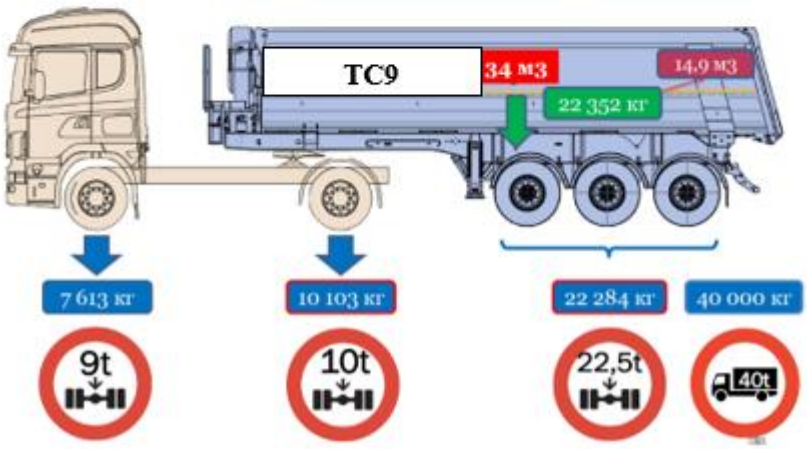


Рисунок 2.35 – Перегруз по группе прицепных осей на пределе допустимых 2% при равномерной загрузке 22352кг до разрешенной полной массы в 40000кг

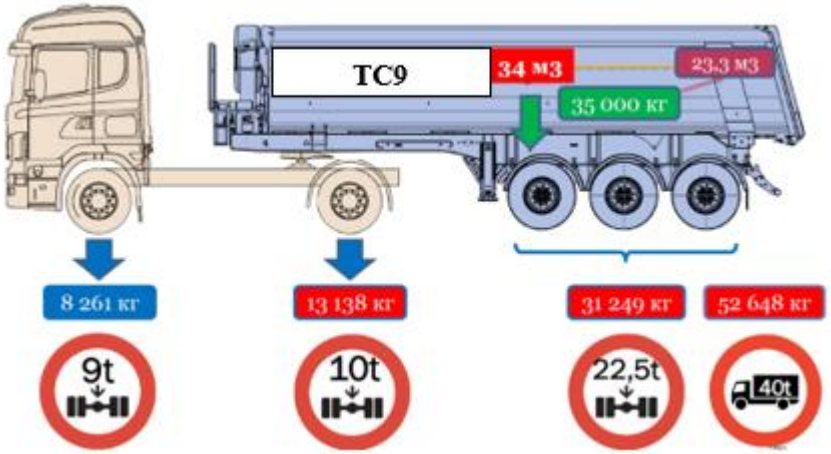


Рисунок 2.36 – Возникновение перегруза, в том числе технического, по ведущей оси тягача (небольшой, допустимый 13 т) и более существенного по группе прицепных осей при загрузке 35 000 кг

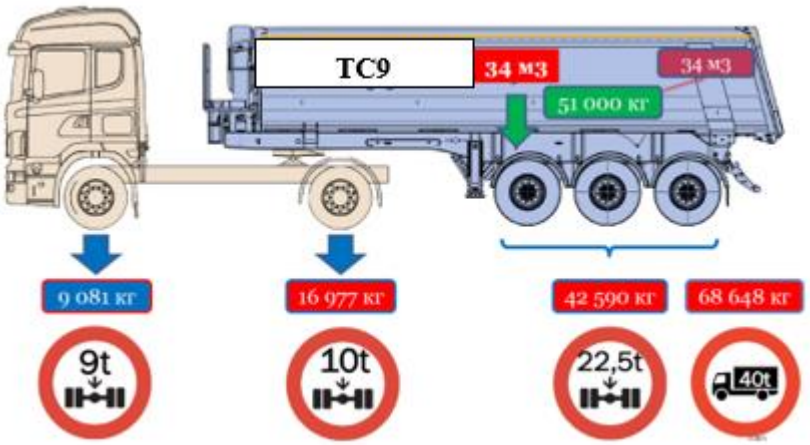


Рисунок 2.37 – Возникновение перегруза, в том числе технического, по всем параметрам при загрузке полного кузова 34м^3

Таблица 2.2 – Нормативные варианты расчетов размеров вреда при превышении значимых допустимых осевых перегрузок на одну ось и вреда при превышении значений допустимой массы на каждые 100 км перевозки грузов

Постановление Правительства РФ от 31.01.2020 N 67 (ред. от 26.10.2020) "Об утверждении Правил возмещения вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами, об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации"
Размер вреда при превышении значимых допустимых осевых перегрузок на одну ось - для дорог с одеждой капитального и облегченного типа: $$Р_{ПОМi} = К_{ДКЗ} \times К_{кап.рем.} \times К_{сез.} \times P_{исх.} \times \left(1 + 0{,}2 \times П_{ось}^{1{,}92} \times \left(\frac{a}{H} - b\right)\right);$$ - для дорог с одеждой переходного типа: $$Р_{ПОМi} = К_{ДКЗ} \times К_{кап.рем.} \times К_{сез.} \times P_{исх.} \times \left(1 + 1{,}14 \times П_{ось}^{1{,}92} \times \left(\frac{a}{H} + b\right)\right);$$ **Размер вреда при превышении значений допустимой массы на каждые 100 километров:** $$Р_{ПМ} = К_{кап.рем.} \times К_{ПМ} \times (c + d \times П_{ПМ})), \text{ где}$$ $К_{ДКЗ}$ – коэффициент, учитывающий условия дорожно-климатических зон; $К_{кап.рем.}$ – коэффициент, учитывающий относительную себестоимость выполнения работ по капитальному ремонту; $К_{сез.}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия. Принимается равным единице при неблагоприятных природно-климатических условиях, в остальное время принимается равным 0,35; $Р_{исх.}$ – исходное значение размера вреда, причиняемого транспортными средствами, при превышении допустимых осевых нагрузок для автомобильной дороги на 5 процентов; $П_{ось}$ – величина превышения фактической осевой нагрузки над допустимой для автомобильной дороги, тонн/ось; Н – нормативная (расчетная) осевая нагрузка для автомобильной дороги, тонн/ось; a, b – постоянные коэффициенты; $К_{ПМ}$ – коэффициент влияния массы транспортного средства в зависимости от расположения автомобильной дороги на территории Российской Федерации.

Анализ полученных значений размеров вреда от превышения допустимых осевых нагрузок и от превышения значений допустимой массы транспортного средства позволил получить регрессионные взаимосвязи этих показателей для различных видов транспортных средств (таблица 2.3, рисунки 2.38, 2.39).

Таблица 2.3 – Анализ зависимостей размеров вреда (РВ) от превышения допустимых осевых нагрузок ($П_{ось}$) и от превышения значений допустимой массы транспортного средства ($П_{пм}$)

Транспортное средство	Вид регрессионной зависимости, коэффициент корреляции	
	$РВ = f_1 (П_{ось})$, R^2	$РВ = f_2 (П_{пм})$, R^2
ТС1	РВ =127,02 ($П_{ось}$) +3378, R^2=0,65	РВ =27,78 ($П_{пм}$)+2389, R^2=0,63
ТС2	РВ =178,38 ($П_{ось}$) +4054, R^2=0,66	РВ =28,88 ($П_{пм}$)+3000, R^2=0,69
ТС3	РВ =256,78 ($П_{ось}$) +4729, R^2=0,75	РВ =36,66 ($П_{пм}$)+1778, R^2=0,72
ТС4	РВ =289,18 ($П_{ось}$) +5541, R^2=0,81	РВ =37,03 ($П_{пм}$)+3222, R^2=0,83
ТС5	РВ =75,68 ($П_{ось}$) +2432, R^2=0,79	РВ =37,78 ($П_{пм}$)+278, R^2=0,80
ТС6	РВ =45,94 ($П_{ось}$) +405, R^2=0,67	РВ =32.22 ($П_{пм}$)+778, R^2=0,68
ТС7	РВ =56,76 ($П_{ось}$) +1486, R^2=0,74	РВ =35,54 ($П_{пм}$)+1667, R^2=0,76
ТС8	РВ =345,96 ($П_{ось}$) +6486, R^2=0,83	РВ =45,37 ($П_{пм}$)+3472, R^2=0,82
ТС9	РВ =447,3 ($П_{ось}$) +6973, R^2=0,71	РВ =22,78 ($П_{пм}$)+2778, R^2=0,78

В рамках второго этапа «Формирование структуры предпочтений оценочных критериев для определенного типа транспортных средств перевозки готовой продукции комбината» для сформированного множества оценочных критериев отбора транспортных средств, осуществляющих перевозку готовой продукции комбината, была определена структура предпочтений (уровня значимости критериев).

Степень предпочтения оценочных критериев (критерия F_z над критерием F_x) возможно задать с помощью экспертно-моделирующих процедур в виде матрицы $\mu(F_z, F_x) \in [0,1]$, $\forall F_z \vee F_x$, предварительно задав структуру предпочтений на множестве экспертов $\|\mu(e_s, e_q)\|$. Таким образом структуры предпочтений оценочных критериев для выбора транспортных средств будут сведены в таблицу 2.4 [124].

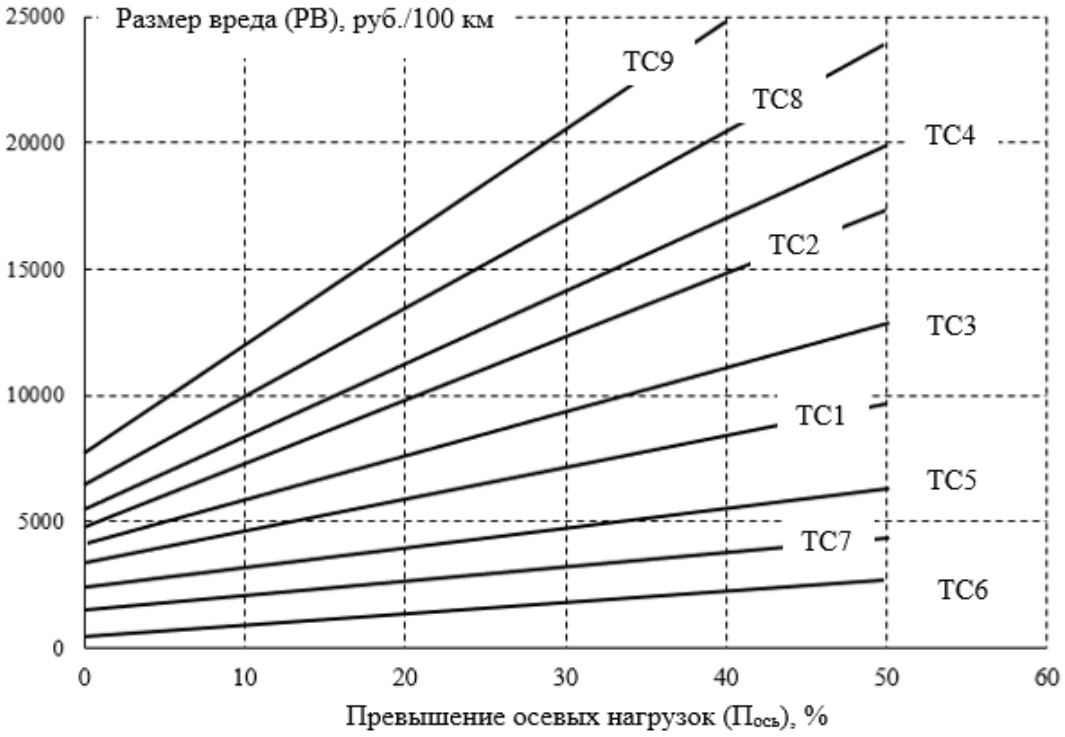


Рисунок 2.38 – Зависимость размера вреда (ВР) (руб. на 100 км) от превышений осевых перегрузок ($П_{ось}$), %

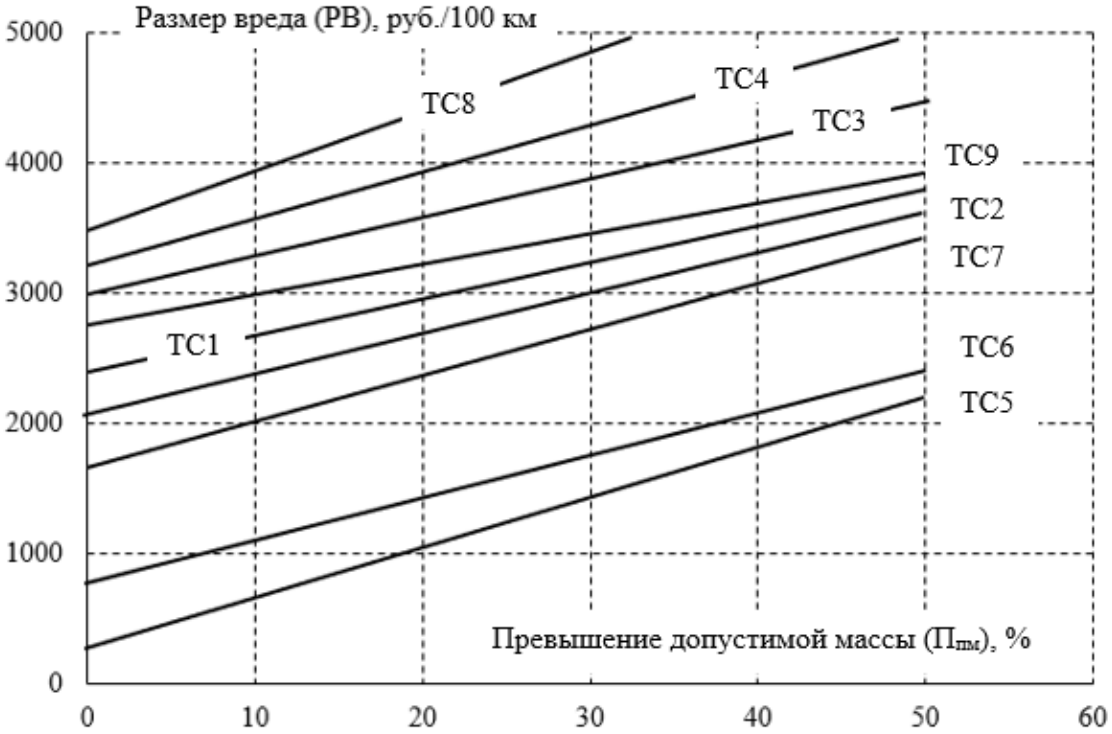


Рисунок 2.39 – Зависимость размера вреда (РВ) (руб. на 100 км) от превышения значений допустимой массы транспортного средства ($П_{пм}$), %

Таблица 2.4. Структура предпочтений оценочных критериев $||\mu(F_z, F_x)||$ для выбора транспортных средств

$||\mu(F_z, F_x)||$		Технические			Организационные			Рыночные		
		ТКр$_1$	…	…	*ОКр$_1$*	…	…	*РКр$_1$*	…	…
Технические	ТКр$_1$	1								
	…		1							
	…			1						
Организационные	*ОКр$_1$*				1					
	…					1				
	…						1			
Рыночные	*РКр$_1$*							1		
	…								1	
	…									1

В рамках третьего этапа «Формирование упорядоченного множества транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината» производится определение степени предпочтения транспортного средства $ТС_d$ над транспортным средством $ТС_g$ по оценочному критерию F с помощью введения величины $\eta_F(ТС_d, ТС_g) \in [0,1]$ [41] (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Определение структуры предпочтений транспортных средств (ТС) по критерию F

Критерий (F); $||\eta_F(ТС_d,ТС_g)||$	ТС1	ТС2	ТС3	ТС4	ТС5	ТС6	ТС7	ТС8	ТС9
ТС1	1								
ТС2		1							
ТС3			1						
ТС4				1					
ТС5					1				
ТС6						1			
ТС7							1		
ТС8								1	
ТС9									1
$\varphi_{нп}(ТС_u, F)$									

Для решения задачи выбора транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината необходимо осуществить процедуру слоевого упорядочивания альтернатив (транспортных средств) [60]. Для этих целей для всех пар транспортных средств по каждому оценочному критерию заданы матрицы $||\eta_{F,}\ (TC_d,\ TC_g)||$ и $||\mu(F_z,\ F_x)||$. В данной постановке задача выбора наиболее предпочтительных транспортных средств, составляющих подмножество $TC_{нп}$ выглядит следующим образом (2.1):

$$TC_{нп} = \text{argmax}_{(u)}\ \varphi_{нп}(TC_u)\ \forall\ u = \overline{1,9}, \qquad (2.1)$$

где $\varphi_{нп}(TC_u)$ - значение функции принадлежности транспортного средства TC_u к подмножеству предпочтительных $TC_{нп}$.

Для определения расчетных значений функции $\varphi_{нп}(TC_u)$ предварительно необходимо осуществить следующие операции.

На первом этапе вычисляются числовые характеристики степени принадлежности определенного транспортного средства к подмножеству наиболее предпочтительных по оценочному критерию F (2.2):

$$\varphi_{нп}(TC_u, F) = 1 - \sup\ [\eta_F(TC_d, TC_g) - [\eta_F(TC_g, TC_d)]. \qquad (2.2)$$

Следующим шагом происходит формирование нечеткого отношения нестрогого предпочтения на множестве транспортных средств (таблица 2.6), исходя из определенных функций принадлежности транспортного средства TC_u к подмножеству предпочтительных транспортных средств $TC_{нп}$ и структурой предпочтений на множестве оценочных критериев $||\mu(F_z, F_x)||$ (2.3):

$$\eta\ (TC_d, TC_g) = \text{supmin}_{(z,x)}\ [\varphi_{нп}(TC_u, F_z);\ \varphi_{нп}(TC_u, F_x);\ \mu(F_z, F_x)]. \qquad (2.3)$$

Таблица 2.6 – Формирование нечеткого отношения нестрогого предпочтения на исходном множестве транспортных средств

$\|\|\eta\ (TC_d, TC_g)\|\|$	ТС1	ТС2	ТС3	ТС4	ТС5	ТС6	ТС7	ТС8	ТС9
ТС1	1								
ТС2		1							
ТС3			1						
ТС4				1					
ТС5					1				
ТС6						1			
ТС7							1		
ТС8								1	
ТС9									1
$\varphi_{нп}\ (TC_u)$									
$\varphi^*_{нп}(TC_u)$									

Далее производится расчет значения функции принадлежности каждого транспортного средства к подмножеству предпочтительных (2.4) [124]:

$$\varphi_{нп}(TC_u) = 1 - \sup\ [\eta\ (TC_d, TC_g) - [\eta\ (TC_g, TC_d)]. \qquad (2.4)$$

В случае необходимости производится корректировка значений $\varphi_{нп}(TC_u)$ исходя из следующих соотношений (2.5):

$$\varphi^*_{нп}(TC_u) = \{\varphi_{нп}(TC_u), \text{если } \eta_{Ti}\ (TC_d, TC_d) = 1,$$
$$\min\ [\varphi_{нп}(TC_u), [\eta\ (TC_d, TC_d)], \text{если } \eta\ (TC_d, TC_d) \neq 1\}. \qquad (2.5)$$

Реализация моделей (2.1)-(2.5) позволит решить задачу выбора (слоевого упорядочивания) транспортных средств по их приоритетности по сформированному множеству оценочных критериев (технические, организационные, экономические) и осуществить ранжирование (слоевое упорядочивание) транспортных средств для эффективной перевозки готовой продукции комбината на основе разработанного механизма (рисунок 2.40).

Разработанный механизм решения задачи выбора реализуется в два этапа.

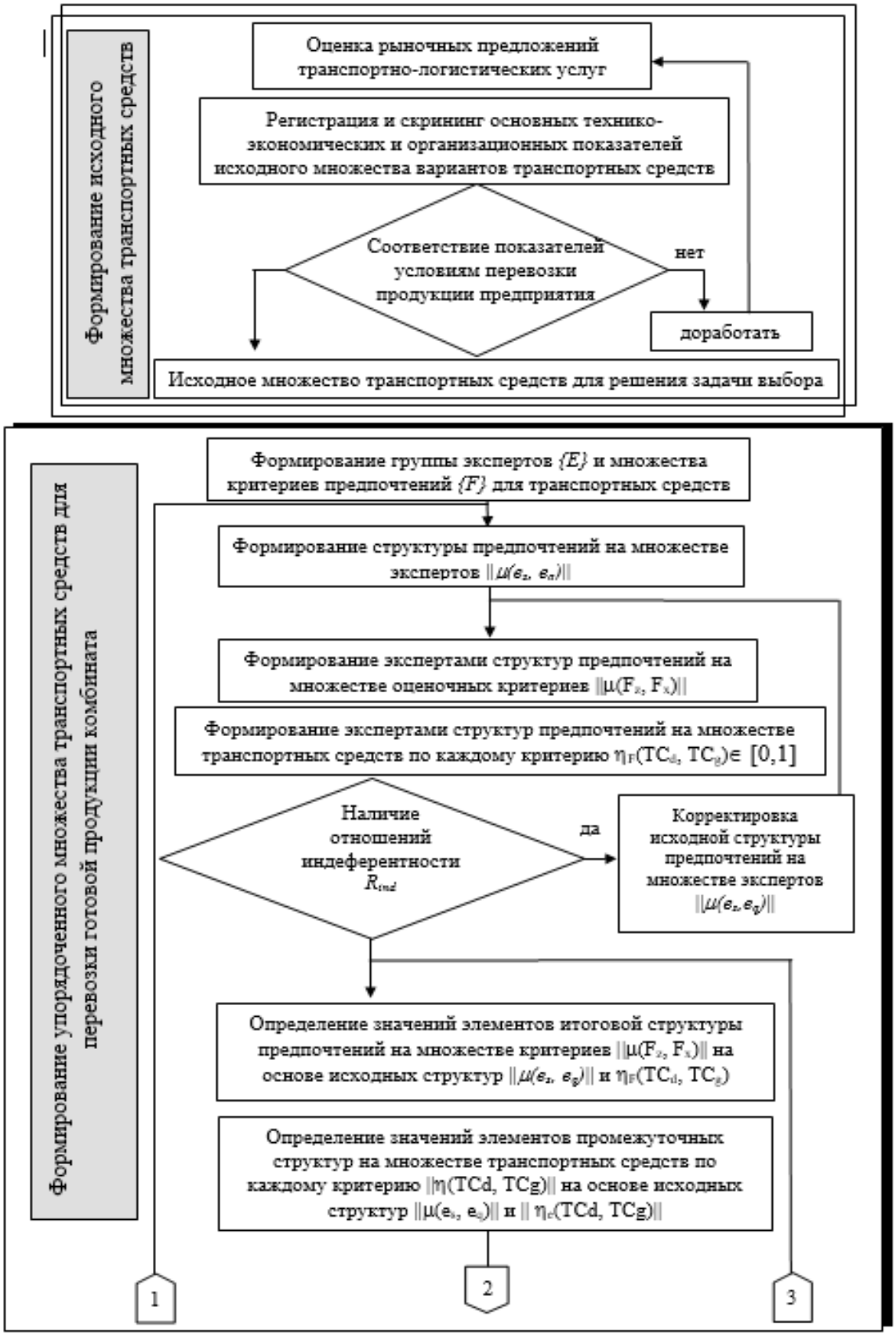


Рисунок 2.40 – Механизм решения задачи выбора (слоевого упорядочивания) транспортных средств для эффективной перевозки готовой продукции комбината по множеству оценочных критериев (технические, организационные, экономические)

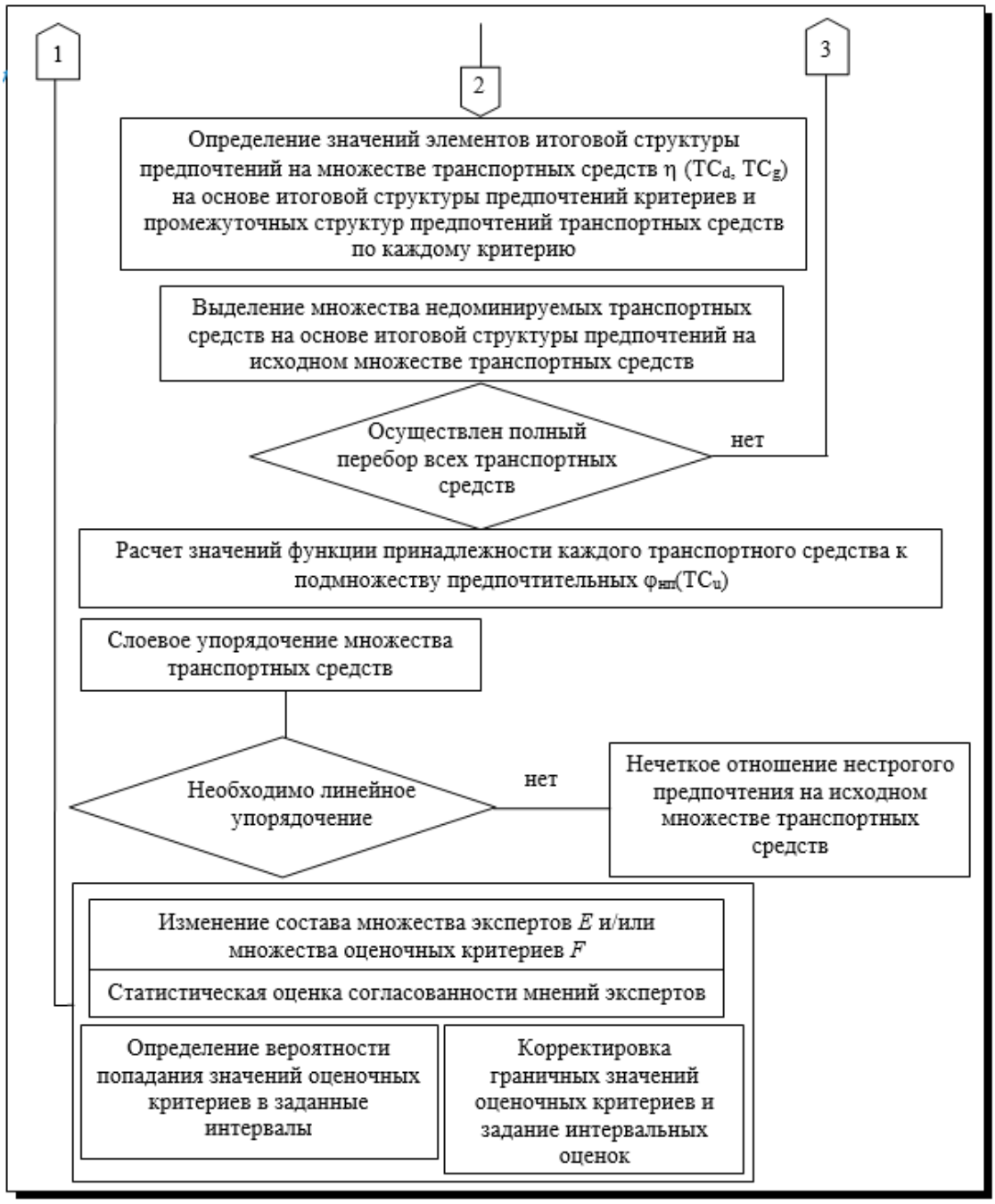


Рисунок 2.40 – Механизм решения задачи выбора (слоевого упорядочивания) транспортных средств для эффективной перевозки готовой продукции комбината по множеству оценочных критериев (технические, организационные, экономические) (Окончание)

В рамках первого этапа происходит формирование исходного множества транспортных средств. На основе комплексной оценки рыночных предложений транспортно-логистических услуг реализуется процедура регистрации и скрининга

основных технико-экономических и организационных показателей исходного множества вариантов транспортных средств. После определения соответствия данных показателей условиям перевозки готовой продукции комбината формируется исходное множество допустимых транспортных средств для дальнейшего решения задачи выбора (слоевого/линейного упорядочивания).

В рамках второго этапа происходит формирование упорядоченного множества транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината. Ряд шагов данного этапа реализуется на базе экспертно-моделирующих процедур: формирование группы экспертов *{E}* и структуры предпочтений на множестве экспертов $\|\mu(e_s, e_q)\|$; формирование экспертами структур предпочтений на множестве оценочных критериев $\|\mu(F_z, F_x)\|$; формирование экспертами структур предпочтений на множестве транспортных средств по каждому критерию $\eta_F(TC_d, TC_g) \in [0,1]$; проверка наличия отношений индеферентности R_{ind} и корректировка исходной структуры предпочтений на множестве экспертов $\|\mu(e_s,e_q)\|$ (при необходимости). Результатом реализации данных шагов является определение значений элементов итоговой структуры предпочтений на множестве критериев $\|\mu(F_z, F_x)\|$ на основе исходных структур $\|\mu(e_s, e_q)\|$ и $\eta_F(TC_d, TC_g)$ и значений элементов промежуточных структур на множестве транспортных средств по каждому критерию $\|\eta(TCd, TCg)\|$ на основе исходных структур $\|\mu(e_s, e_q)\|$ и $\|\eta_e(TCd, TCg)\|$. Определение значений элементов итоговой структуры предпочтений на множестве транспортных средств $\eta\ (TC_d, TC_g)$ позволит осуществить выделение множества недоминируемых транспортных средств и произвести расчет значений функции принадлежности каждого транспортного средства к подмножеству предпочтительных $\varphi_{нп}(TC_u)$. Реализация данных процедур позволит получить слоевую структуру упорядочивания транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината.

Разработанный механизм, базирующийся на результатах моделирования решения задачи выбора транспортных средств по их технической готовности (технические критерии), организационной обеспеченности (организационные

критерии) и экономической эффективности (рыночные, экономические критерии) (таблица 2.7) позволил осуществить ранжирование (слоевое упорядочивание) транспортных средств для эффективной перевозки готовой продукции комбината (рисунок 2.41).

Таблица 2.7 – Формирование совокупности оценочных критериев (технические, организационные, экономические) для оценки эффективности перевозки готовой продукции комбината

№	Название	ТС1	ТС 2	ТС 3	ТС 4	ТС 5	ТС 6	ТС 7	ТС 8	ТС 9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Технические критерии										
1.	Грузоподъемность тягача, т	10,6	10,6	17,16	29,4	3,7	14,5	32,57	17,16	10,6
2.	Снаряженная масса тягача, т	7,9	7,9	8,84	7,9	3	18	16,43	7,6	7,6
3.	Полная масса автопоезда, т	44	39	44	44	6,7	26	49	39	39
4.	Длина, м	13,62	13,62	13,62	13,62	6,51	10,6	9,23	9,97	9,97
5.	Ширина, м	2,48	2,48	2,48	2,48	23	2,5	2,55	2,55	2,55
6.	Высота, м	2,7	2,7	2,45	2,7	3,16	3,8	3,37	3,325	3,325
7.	Объем кузова, $м^3$	82	84	52	92	20,2	48,3	20	30	30
8.	Номинальная мощность двигателя, кВт	315	315	295	315	97,8	295	287	295	315
9.	Максимальная скорость, км/ч	110	110	90	110	70	100	90	90	110
10.	Расход топлива, л/100 км	33	33	33	33	15	25	37	33	33
11.	Объем двигателя,	12	12	12	12	2,8	12	8,9	12	12
12.	Мощность двигателя, л.с.	428	428	401	428	133	401	390	401	428
13.	Шины	315/60 R 22,5	385/65 R22,5	315/70 R 22,5	385/65 R 22,5	315/60 R 22,5	315/80 R 22,5	315/60 R 22,5	385/65 R22,5	385/65 R22,5
14.	Объем топливного бака, л	2х 400	2х 400	500	2х 400	125	450	310	500	2х 400
15.	Радиус разворота, м	22,5	22,5	8	22,5	6,2	11,5	11,5	9	15
Организационные критерии										
1.	Время в наряде в сутки, ч	16								
2.	Число рабочих дней в году, дни	252	270	290	300	240	250	260	252	252
3.	Число дней в капитальном ремонте, дни	10	12	15	13	14	10	11	13	15

Продолжение табл. 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4.	Ресурс до капитального ремонта, тыс. км	$1*10^6$	$0,8*10^6$	$1,1*10^6$	$1,3*10^6$	$0,9*10^6$	$1,2*10^6$	$1*10^6$	$1,4*10^6$	$1,1*10^6$
5.	Коэффициент ТОР, К, чел.*ч/1000 км	9	12	7	8	13	11	10	8	9
6.	Простои по организационным причинам, дни	6	3	5	4	12	8	15	11	9
7.	Количество ремонтных рабочих, чел.	10	9	12	11	8	6	8	12	10
8.	Количество механиков в гараже, чел.	6	5	4	7	8	12	11	7	6
Экономические (рыночные) критерии										
1.	Срок службы тягача, лет	8	10	8	12	10	8	10	8	8
2.	Темп роста эксплуатационных затрат на ТОР в год, %	0,02	0,05	0,03	0,04	0,02	0,09	0,01	0,06	0,08
3.	Тарифная ставка ремонтников, руб./ч	100	150	210	180	100	120	110	130	150
4.	Коэффициент накладных расходов	1,8	1,6	1,2	1.5	1,7	1,9	2,1	1,3	1,7
5.	Коэффициент затрат на запасные части	2,0	2,2	2,5	2,9	2,0	2,5	2,7	2,8	2,3
6.	Стоимость шины, тыс. руб.	34	46	50	46	11	55	46	46	46
7.	Цена автопоезда, млн. руб.	15,75	12,10	14,35	14,60	4,26	8,10	7,77	11,87	13,27
8.	Доля остаточной стоимости от цены после 8 лет, %	10	12	15	12	13	10	15	11	10

Анализ альтернативных вариантов использования российских транспортных средств для транспортировки продукции комбината на базе КамАЗ

Вариант ТС	**Марка тягача**	**Марка прицепа**
ТС1	КамАЗ-5490-053-87	КАМАЗ ТЗА 588510-0300200-08 магистральный
ТС2	КамАЗ-5490-053-87	НЕФАЗ-93341-5300314
ТС3	КАМАЗ-65209-001-87	КАМАЗ ТЗА 588510-0300200-08 магистральный
ТС4	КамАЗ-5490-053-87	Тонар Т4-13V/VK
ТС5	VALDAI NEXT	-
ТС6	КамАЗ 65207-002-87 (S5)	-
ТС7	КамАЗ -65201-49 (B5)	-
ТС8	КАМАЗ-65209-001-87	НЕФАЗ 9509-216-30
ТС9	КамАЗ-5490-053-87	НЕФАЗ 9509-216-30

Рисунок 2.41 – Слоевое упорядочивание транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината

Результатом решения задачи выбора на основе сформированной совокупности оценочных критериев и определения размеров вреда от превышения допустимых осевых нагрузок и от превышения значений допустимой массы грузовика, в качестве приоритетных транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината были определены следующие варианты:

– пятиосный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа («еврофура») (ТС1);

– шестиосный автопоезд в составе трехосного седельного тягача и трехосного полуприцепа (ТС3);

– самосвальный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа (ТС9).

2.2. Статистическое прогнозирование показателей эффективности перевозки продукции на основе анализа моделей бенчмарок транспортно-логистической компании

Мониторинг рынка транспортных компаний, оказывающих услуги по транспортировке необходимых грузов, проводился для решения следующих задач: оценка стоимости доставки готовой продукции потребителям (тарифы); оценка возможностей транспортных компаний по предоставлению необходимого количества транспортных средств. Перечень компаний был определен исходя из расчета их доли на рынке транспортно-логистических услуг посредством использования доступных интернет-ресурсов. В качестве исходного множества альтернатив для последующего анализа и прогнозирования основных технико-экономических показателей были определены следующие транспортно-логистические компании: ООО «Транссим Логистик»; Транспортная компания ООО «ТРАСКО»; Компания Militzer & Muench; Компания Адамос-Логистик. На основании полученных данных по транспортным компаниям можно сделать следующие выводы: тарифы на перевозку компании предоставляют из расчета стоимости рейса; количество единиц транспорта, которые могут предоставляться перевозчиками в день, не покрывает потребности предприятия. Данная проблема обусловлена следующими причинами: большой временной период до начала перевозок и, в этой связи, транспортные компании не готовы планировать перевозки на длительную перспективу; исполнителям заявок на перевозки не всегда выгодно принимать заказы на небольшие расстояния и с точки зрения контроля процесса перевозки им приоритетнее длинные маршруты перевозок (на несколько дней). На основании анализа статистического базиса перевозок вышеуказанных компаний были определены взаимосвязи цены ($Ц_{дост.}$) доставки от плеча ($П_{дост.}$) (рисунок 2.42-2.45). При этом был произведен анализ специфических особенностей транспортировки грузов на различные расстояния и методами кусочно-линейной аппроксимации выделены искомые статистические взаимосвязи

(Ц$_{дост.}$) = f(П$_{дост.}$), R^2, а также области надежных прогнозов, для каждого интервала плеча доставки (таблица 2.8) [20, 76, 126].

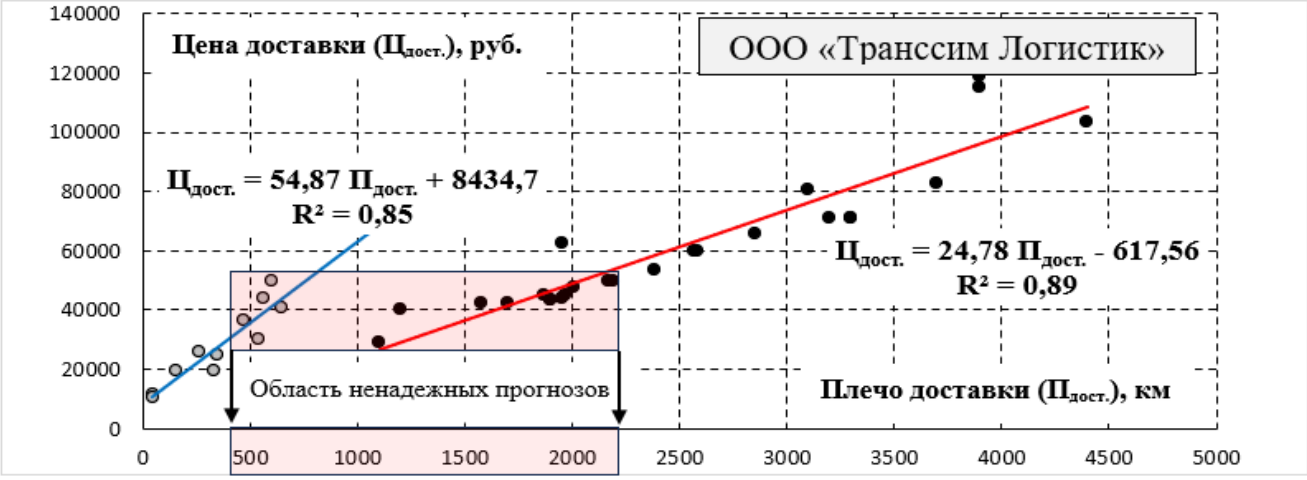


Рисунок 2.42 – Определение взаимосвязи цены (Ц$_{дост.}$) доставки от плеча (П$_{дост.}$) доставки для компании ООО «Транссим Логистик»

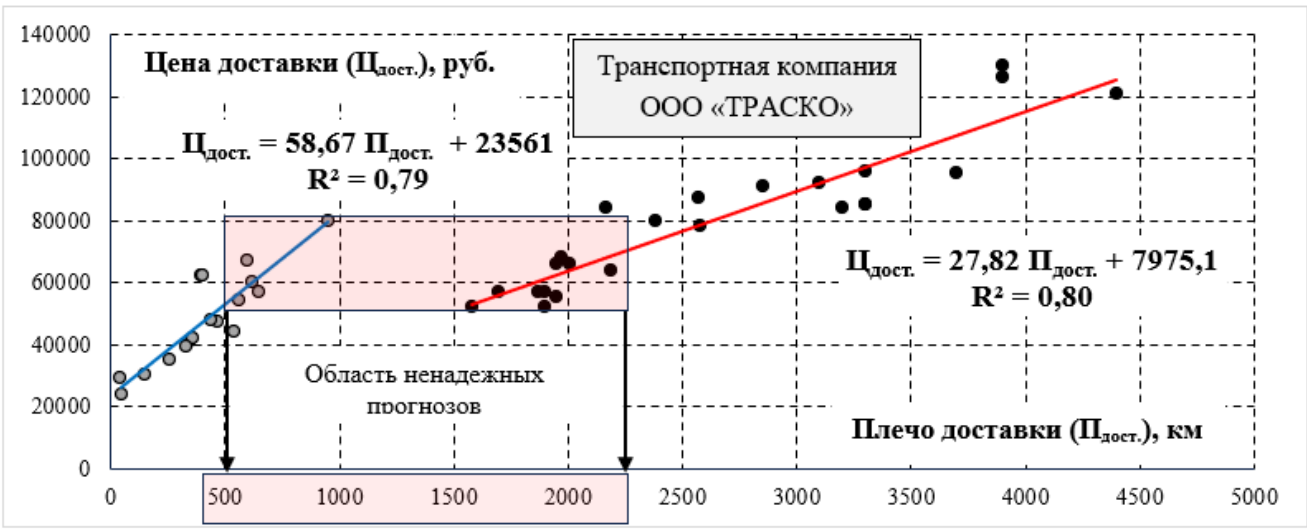


Рисунок 2.43 – Определение взаимосвязи цены (Ц$_{дост.}$) доставки от плеча (П$_{дост.}$) доставки для транспортной компании ООО «ТРАСКО»

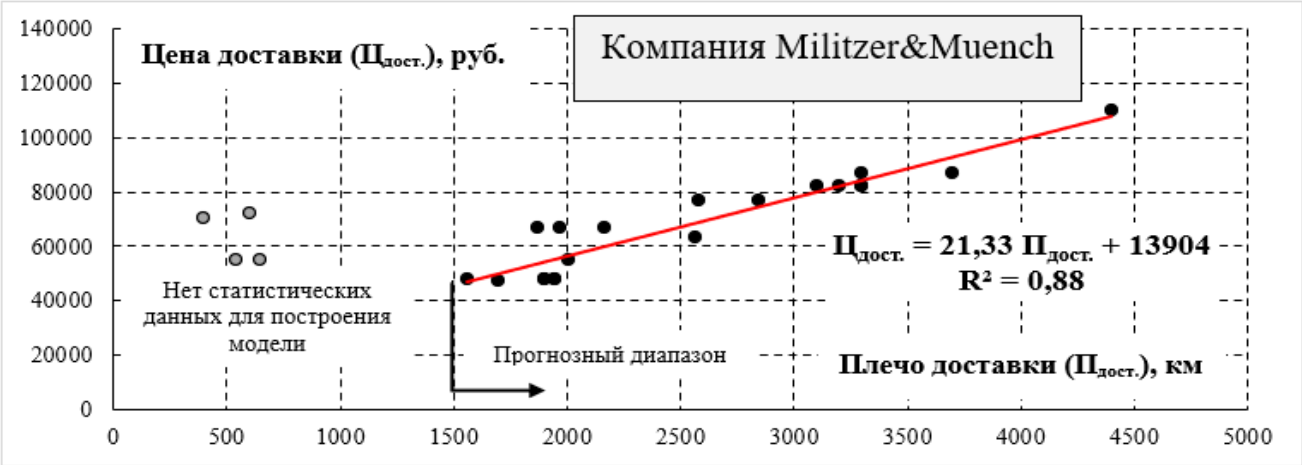


Рисунок 2.44 – Определение взаимосвязи цены (Ц$_{дост.}$) доставки от плеча (П$_{дост.}$) доставки для компании Militzer&Muench

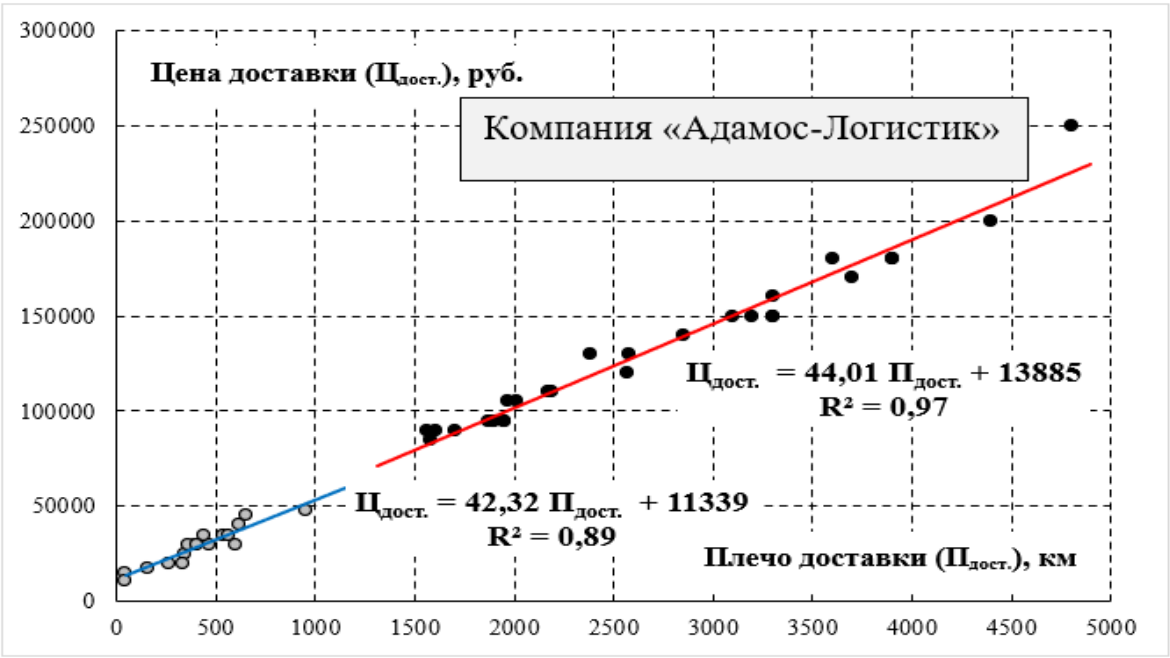


Рисунок 2.45 – Определение взаимосвязи цены (Ц$_{дост.}$) доставки от плеча (П$_{дост.}$) доставки для компании «Адамос-Логистик»

Таблица 2.8 – Бенчмарк-анализ и определение вида прогнозных моделей для различных интервалов доставки транспортно-логистической компании

Транспортно-логистическая компания (ТЛК)	**Плечо доставки ($П_{дост.}$)**	**Вид прогнозной модели $Ц_{дост.}=f(П_{дост.})$**
ООО «Транссим Логистик»	[0; 470]	$Ц_{дост.}=54,87П_{дост.}+8434,7$; $R^2 = 0,85$
	[2200; 4500]	$Ц_{дост}=24,78П_{дост.}-617,56$; $R^2 = 0,89$
Транспортная компания ООО «ТРАСКО»	[0; 500]	$Ц_{дост.}=58,67П_{дост.}+23561$; $R^2 = 0,79$
	[2200; 4500]	$Ц_{дост.}=27,82П_{дост.}+7975,1$; $R^2 = 0,80$
Компания Militzer & Muench	[1500; 4500]	$Ц_{дост.}=21,33П_{дост.}+13904$; $R^2 = 0,88$
Компания Адамос-Логистик	[0; 1250]	$Ц_{дост.}=42,32П_{дост.}+11339$; $R^2 = 0,89$
	[1251; 5000]	$Ц_{дост.}=44,01П_{дост.}+13885$; $R^2 = 0,97$

При моделировании временных параметров грузоперевозки в качестве входных параметров было задано время в пути от предприятия до потребителя. Данное время может варьироваться исходя из дорожных условий (например, зимой время в пути дольше, чем в летнее время). При этом статистические данные времени в пути и расстояния на маршруте были определены в следующих специализированных логистических приложениях для грузового транспорта: ООО «Карго Линк»; Яндекс Маршрутизация; Фура Трэйс; Flagma (грузоперевозки); ТЛК «Тракт».

Для определения параметров прогнозных моделей $(V_{ср.}^{м})=f(S_{пер.}^{м})$ и $(Т_{дв.}^{м})=f(S_{пер.}^{м})$, исходя из полученных статистических взаимосвязей по каждой отдельной компании (таблица 2.9) был использован метод взвешенной аддитивной свертки, в котором среднее значение скорости ($V_{ср.}^{м}$), времени движения ($Т_{дв.}^{м}$) и расстояния перевозки (плеча доставки) ($S_{пер.}^{м}$) для искомой прогнозной модели определялось как $V_{ср.}^{м} = \sum_{i=1}^{i=n} V_{ср.i}\alpha_i$; $S_{пер.}^{м} = \sum_{i=1}^{i=n} S_{пер.i}\alpha_i$; $Т_{дв.}^{м} = \sum_{i=1}^{i=n} Т_{дв.i}\alpha_i$, где $V_{ср.i}$, $Т_{дв.i}$, $S_{пер.i}$ – значения, соответственно, скорости движения, времени и расстояния перевозки грузов для транспортных средств по прогнозной модели

данных *i*-й компании; α_i - доля *i* - й компании на рынке сервисных платформ для построения маршрутов и анализа тарифов.

Таблица 2.9 – Определение параметров прогнозных моделей скорости и времени движения по статистическим данным сервисных платформ построения маршрутов и анализа тарифов

Компания	**Вид прогнозной модели ($V_{ср.}$)= $f_1(S_{пер.})$**	**Вид прогнозной модели ($T_{дв.}$) = $f_2(S_{пер.})$**
ООО «Карго Линк»	($V_{ср.}$)=5,84ln($S_{пер.}$)+36,99; R^2 = 0,77	($T_{дв.}$)=0,0126($S_{пер.}$)+0,24; R^2 = 0,99
Яндекс Маршрутизация	($V_{ср.}$)=6,61ln($S_{пер.}$)+30,62; R^2 = 0,67	($T_{дв.}$)=0,0132($S_{пер.}$)-0,04; R^2 = 0,99
Фура Трэйс	($V_{ср.}$)=7,70ln($S_{пер.}$)+20,21; R^2 = 0,8698	($T_{дв.}$)=0,0128($S_{пер.}$)+0,54; R^2 = 0,99
Flagma (грузоперевозки)	($V_{ср.}$)=4,50ln($S_{пер.}$)+33,93; R^2 = 0,62	($T_{дв.}$)=0,0153($S_{пер.}$)+0,15; R^2 = 0,99
ТЛК «Тракт»	($V_{ср.}$)=4,91ln($S_{пер.}$)+11,55; R^2 = 0,83	($T_{дв.}$) =0,0205($S_{пер.}$)+0,98; R^2 = 0,99
Модель	**($V_{ср.}^{м}$) = 6,30ln($S_{пер.}^{м}$)+16,78; R^2 = 0,77**	**($T_{дв.}^{м}$) = 0,0155($S_{пер.}^{м}$)+0,74; R^2 = 0,99**

В результате моделирования получены прогнозные взаимосвязи ($V_{ср.}^{м}$) = 6,30ln($S_{пер.}^{м}$)+16,78, R^2 = 0,77 и ($T_{дв.}^{м}$) = 0,0155($S_{пер.}^{м}$)+0,74, R^2 = 0,99 (таблица 2.9, рисунок 2.46, 2.47), диаграммы «концентрации» интервальных оценок, показатели вариации (среднее значение, медиана (Me), стандартное отклонение (±σ), 25% и 75% процентили).

Таким образом, информационный базис специализированных приложений для грузового транспорта, который содержал в себе параметры времени в пути и расстояния маршрута от предприятия до потребителей позволил реализовать процедуры прогнозного моделирования скорости и времени движения с дальнейшим расчетом традиционно используемых статистических параметров вариации. Специфической особенностью простроенных моделей является учет доли каждой компании, предоставляющей информационные и аналитические ресурсы на рынке сервисных платформ для построения маршрутов и анализа тарифов.

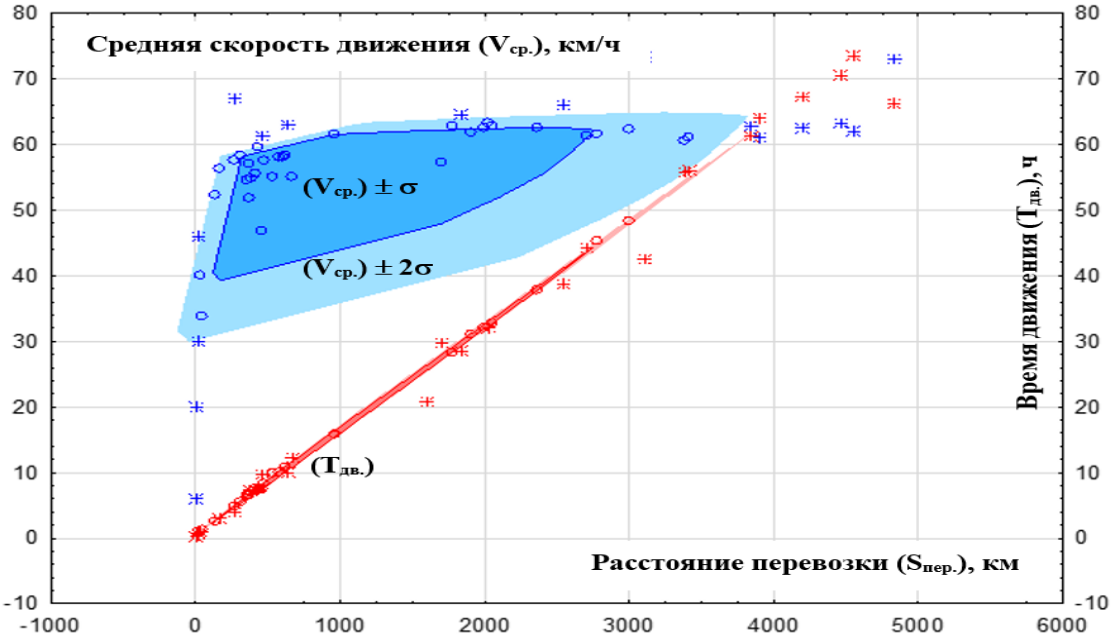


Рисунок 2.46 – Статистическая диаграмма интервалов изменения средней скорости и времени движения в зависимости от расстояния перевозки

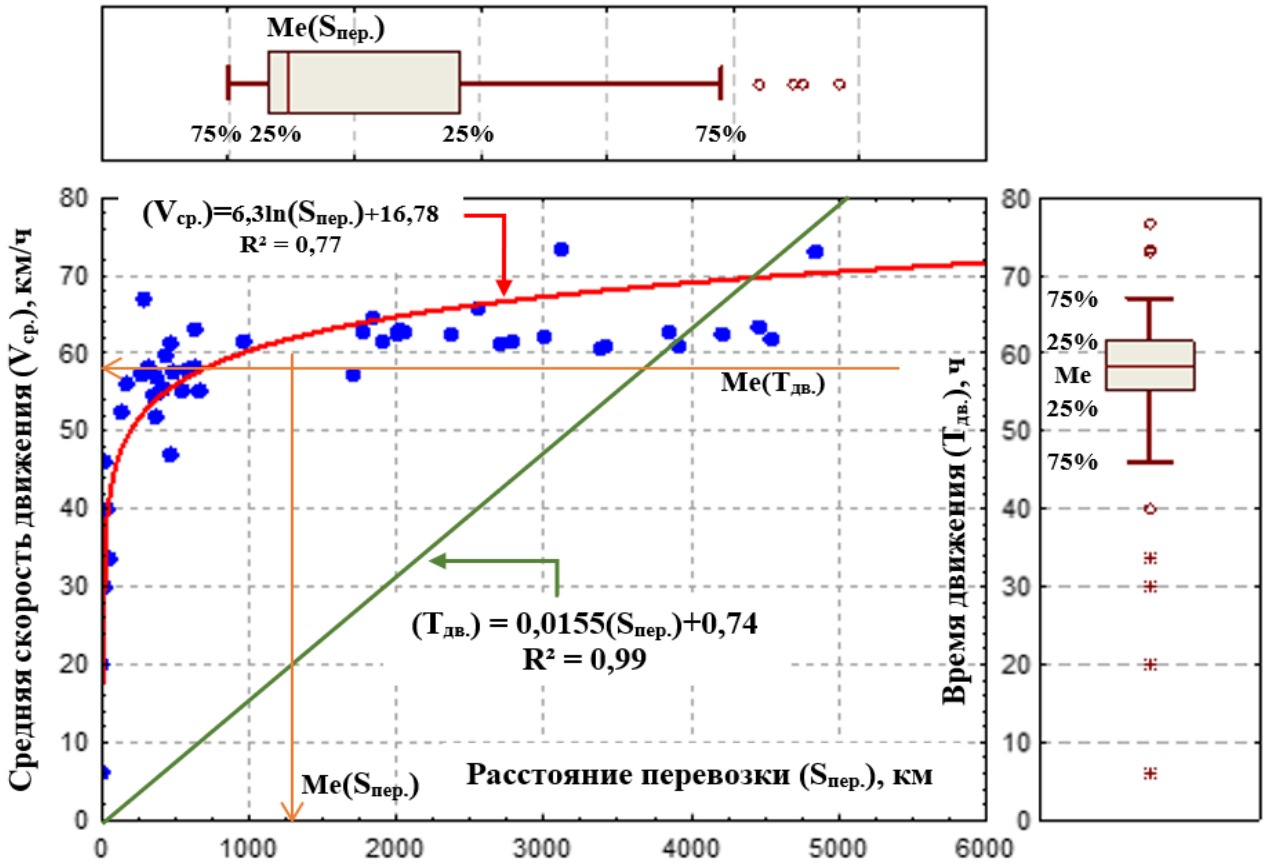


Рисунок 2.47 – Зависимость времени и средней скорости движения от расстояния перевозки (диаграммы рассеяния и размаха вариации)

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

1. Для решения задачи выбора транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината было сформировано: исходное множество альтернативных вариантов транспортных средств; совокупность оценочных критериев для оценки эффективности перевозки готовой продукции; структура предпочтений оценочных критериев для определенного типа транспортных средств и реализована процедура слоевого упорядочивания исходного множества транспортных средств.

2. Получены регрессионные взаимосвязи размеров вреда от превышения допустимых осевых нагрузок и от превышения значений допустимой массы для различных видов транспортных средств.

3. Произведена оценка стоимости доставки готовой продукции потребителям и потенциальных возможностей транспортных компаний по предоставлению необходимого количества транспортных услуг. Получены новые данные о взаимосвязях цены доставки от плеча с учетом специфических особенностей транспортировки грузов на различные расстояния, а также определены зависимости средней скорости движения от расстояния перевозки. При этом анализ статистических данных позволил выделить области надежных прогнозов для каждого интервального значения плеча доставки грузов. Прогнозные модели формировались исходя из анализа статистических данных по каждой, отдельно взятой компании и учета ее доли на рынке сервисных платформ для построения маршрутов и анализа тарифов.

3. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ОПИСАНИЯ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ МНОГОПРОДУКТОВЫХ ПОТОКОВЫХ ЗАДАЧ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ КОМБИНАТА

3.1. Формализованные постановки оптимизационных задач для различных условий функционирования транспортно-логистической системы комбината

На первом этапе моделирования происходит формирование маршрутов с учётом времени и расстояния до точки доставки, а также вариантов используемого транспортного средства [66]. Каждый маршрут может иметь несколько точек доставки, а каждая точка доставки может быть включена в различные маршруты. На основании данной информации заполняется план объемов продаж и календарный график поставок готовой продукции предприятия. При этом должно выполняться условие, что в одну точку доставки может быть одновременно отгружено более одного продукта, а в одном маршруте может быть несколько точек доставки. Если в одном маршруте имеется несколько точек доставки, то расчет производительности производится для максимального плеча доставки, так как транспортное средство посетит все точки доставки по маршруту вне зависимости от распределения объемов на промежуточных точках доставки.

На основе составления графика поставок рассчитывается необходимое количество рейсов в периоды с наличием сезонных ограничений и в периоды без ограничений [68]. На основе определения количества рейсов рассчитывается количество транспортных средств, необходимое для выполнения рейсов в периоды без ограничений и в период с сезонными ограничениями. При этом производятся отдельные вычисления количества транспортных средств для подачи на загрузку и количества транспортных средств, находящихся в обороте. Количество транспортных средств в обороте отличается тем, что рейсы на длинные расстояния с продолжительностью более суток учитываются как занятые работой на каждый день до момента возвращения транспортных средств на предприятие, что позволяет

произвести оценку парка транспортных средств, требуемого для выполнения всех поставок готовой продукции. На основе расчета количества рейсов и их протяженности (плеча доставки) вычисляются затраты на доставку для каждой точки доставки по каждому произведенному рейсу соответственно. Если в рейсе присутствует несколько точек доставки, то затраты рейса распределяются на каждую точку доставки в зависимости от расстояния и тоннажа перевозки.

В такой постановке транспортной задачи появляется возможность группировки затрат на логистические процессы по точкам доставки, потребителям и виду перевозимой продукции. Таким образом, получаем себестоимость доставки продукции предприятия в необходимых разрезах (точка доставки, вид продукции, транспортное средство). Смоделированные данные позволяют определить потребность в погрузоразгрузочных фронтах в зависимости от тоннажа в графиках отгрузок и нормативной производительности каждого места погрузки. Кроме того, в результате моделирования появляется новая потенциальная возможность выявления необходимых потребностей в складских площадях в зависимости от производительности и графика работы производства, графика отгрузок и взаимосвязи складов и продуктов на каждом этапе производственного потока, определяющего объемы отгрузки готовой продукции (влажный песок, бункера, склады МКР). Также возможно произвести прогнозную оценку потребности в дополнительных складских площадях под МКР и осуществить оценку инвестиций (при необходимости) в строительство нового склада под МКР.

В исходной постановке для перевозки готовой продукции комбината используется несколько типов транспортных средств, которые возможно использовать на различных по своим характеристикам маршрутам доставки, а также система ограничений (в том числе и сезонных) при перевозке грузов определенными транспортными средствами. Количество используемых транспортных средств каждого типа и его транспортно-логистические показатели на каждом маршруте доставки позволяют осуществить расстановку определенных типов транспортных средств по маршрутам доставки, которая обеспечивает либо минимизацию затрат (денежных или временных) на выполнение заданного объема

перевозок, либо максимизацию объемов перевезенной продукции. Соответственно в качестве критериев оптимальности функционирования транспортно-логистической системы комбината могут выступать затраты (денежные или временные) или объемы перевезенной продукции (в натуральном или денежном эквиваленте) [38, 65].

В первой постановке оптимизационной задачи необходимо так распределить транспортные средства по маршрутам доставки, чтобы общее время работы для выполнения всего объема перевозки было минимальным.

За критерий оптимальности примем общее время выполнения всего заданного объема перевозок (Z). Общее время работ слагается из времени транспортировки грузов каждого вида транспортного средства i на всех участках j и выражается следующей целевой функцией задачи (3.1):

$$Z = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} \frac{x_{ij}}{\text{Пр}_{ij}} \rightarrow min, \qquad (3.1)$$

где i = 1,2,…, n – типы используемых транспортных средств;

j = 1,2,…, m – маршруты доставки;

x_{ij} – объемы перевозки продукции i-м транспортным средством на j-м маршруте;

Пр_{ij} – производительность i-го транспортного средства на j-м маршруте.

При решении оптимизационной задачи (3.1) должны выполняться следующие ограничения (3.2)-(3.4):

– по выполнению планового объема перевозок на каждом маршруте доставки:

$$\sum_{i=1}^{i=n} x_{ij} = \text{ПО}_j, (j = 1,2, \dots, m), \qquad (3.2)$$

где ПО_j – плановый объем перевозок на j-м маршруте.

– по имеющемуся временному ресурсу транспортных средств (количеству транспортных средств):

$$\sum_{j=1}^{j=m} \frac{x_{ij}}{\text{Пр}_{ij}} \leq \text{ВР}_i, (i = 1,2, \dots, n), \tag{3.3}$$

где ВР_i – временной ресурс транспортного средства i-го типа.

– по положительности решения задачи:

$$x_{ij} \geq 0, \qquad i = \overline{1,n}, \qquad j = \overline{1,m}. \tag{3.4}$$

Модель данной задачи с управляемыми переменными Т_ij – время работы i-го транспортного средства на j-м маршруте имеет следующий вид (3.5):

$$\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} \text{Т}_{ij} \rightarrow min, \tag{3.5}$$

при ограничениях (3.6)

$$\begin{gathered} \sum_{i=1}^{i=n} \text{Т}_{ij}\text{Пр}_{ij} = \text{ПО}_j, (j = 1,2, \dots, m); \\ \sum_{j=1}^{j=m} \text{Т}_{ij} \leq \text{ВР}_i, (i = 1,2, \dots, n); \\ x_{ij} \geq 0, \qquad i = \overline{1,n}, \qquad j = \overline{1,m}. \end{gathered} \tag{3.6}$$

Разработанные модели являются линейными и относятся к классу задач дискретного (целочисленного) линейного программирования, так как на определенном маршруте доставки может находиться только целое количество единиц транспортных средств.

Кроме того, при доставке грузов по различным маршрутам стоимость 1 машино-часа различных типов транспортных средств существенно отличается и

равна C_i. В такой постановке в качестве критерия оптимальности возможно использовать суммарные затраты на перевозку всего объема продукции (3.7):

$$\sum_{i=1}^{i=n}\sum_{j=1}^{j=m}\frac{x_{ij}}{\text{Пр}_{ij}}\text{С}_i \rightarrow min; \sum_{i=1}^{i=n}\sum_{j=1}^{j=m}\text{Т}_{ij}\,\text{С}_i \rightarrow min. \quad (3.7)$$

При решении задачи в данной постановке возможны варианты, когда при выполнение заданного объема перевозок нет необходимости использовать все имеющиеся в наличии транспортные средства. В этой связи уместно определять оптимальное распределение транспортных средств по маршрутам доставки, принимая в качестве критерия оптимальности не затраты (временные или денежные), а объемы перевезенной продукции предприятия (в натуральном или денежном эквиваленте), которые соответственно необходимо максимизировать (3.8):

$$\sum_{i=1}^{i=n}\sum_{j=1}^{j=m}x_{ij} \rightarrow max. \quad (3.8)$$

Ограничения имеют вид (3.9)-(3.11):

– по выполнению минимально необходимого объема перевозки на маршруте:

$$\sum_{i=1}^{i=n}x_{ij} \geq \text{ПО}_j, (j = 1,2, \dots, m). \quad (3.9)$$

– по имеющемуся временному ресурсу транспортных средств (количеству транспортных средств):

$$\sum_{j=1}^{j=m}\frac{x_{ij}}{\text{Пр}_{ij}} \leq \text{ВР}_i, (i = 1,2, \dots, n). \quad (3.10)$$

– по положительности решения задачи:

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1,n}, \quad j = \overline{1,m}. \quad (3.11)$$

В представленных моделях объемы перевозки грузов и грузоподъемности автосамосвалов на различных маршрутах доставки равноценны. Однако в ряде случаев бывает эффективнее изменить (увеличить) объемы поставок на отдельных маршрутах с использованием определенных транспортных средств, либо необходимо пропорционально (в месте и времени) сформировать план поставок между участниками транспортно-логистической цепи. В этом случае модель задачи необходимо трансформировать исходя из введенных дополнительных условий функционирования транспортно-логистической системы.

При наличии у предприятия автосамосвалов различной грузоподъемности, обслуживающих несколько маршрутов доставки, эффективная производительность доставки продукции будет зависеть от типа транспортного средства и маршрута (плеча доставки, характеристики и ограничений автодорог) доставки груза. В такой постановке имеющиеся в наличии транспортные средства необходимо распределить по маршрутам таким образом, чтобы максимизировать общий объем перевозок, соблюдая установленные соотношения объемов доставки между маршрутами [52, 61].

Критерием оптимальности в данной постановке принимаем суммарный объем перевозки грузов в транспортно-логистической системе, который позволит достичь наиболее производительной работы автосамосвалов и, в свою очередь, снизить как суммарные, так и удельные затраты на перевозку готовой продукции комбината. В случае необходимости учета уровня значимости (приоритетности) определенных маршрутов и необходимости соблюдения соотношений объемов доставки грузов, определяемых плановыми условиями перевозок, возможно ввести коэффициент приоритетности j-го маршрута доставки $К_j$, соответственно, для всех маршрутов транспортно-логистической системы предприятия $\sum_{j=1}^{j=m} K_j = 1$. В такой постановке целевая функция решения задачи имеет вид (3.12):

$$\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} x_{ij} К_j \rightarrow max. \qquad (3.12)$$

Ограничения имеют вид (3.13)-(3.14):

– по количеству имеющихся в наличии транспортных средств

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{x_{ij}}{\text{Пр}_{ij}} \leq N_i, (i = 1,2, \dots, n), \quad (3.13)$$

где N_i – количество транспортных средств i-го типа.

по соблюдению установленного соотношения объемов поставок между маршрутами

$$\frac{\sum_{j=1}^{j=m} x_{ij}}{\sum_{j=1}^{j=m} \sum_{i=1}^{i=n} x_{ij}} = V_j, \qquad j = \overline{1, m}, \quad (3.14)$$

где V_j – отношение объемов перевозок по j-му маршруту к общему объему доставки грузов.

3.2. Сценарное моделирование многопродуктовой транспортной задачи и определение технико-экономических показателей плана перевозки готовой продукции в транспортной сети комбината

По результатам предварительно проведенного анализа было сформировано исходное множество базовых технико-экономических показателей для оценки эффективности функционирования транспортно-логистической системы предприятия [1]:

1) динамика среднемесячных объемов отгрузок выпускаемого ассортимента готовой продукции потребителям (в том числе с учетом сезонных ограничений);

2) расстояние на маршруте (плечо доставки готовой продукции потенциальным потребителям);

3) вместимость и режим работы буферных емкостей отгрузки готовой продукции;

4) тип транспортного средства, используемый при доставке готовой продукции;

5) объемы складских мощностей для перемещения и загрузки в транспортное средство готовой продукции;

6) нормативы времени на загрузку определенного вида готовой продукции по фронтам погрузки и типам транспортного средства;

7) график работы производственных складов готовой продукции;

8) удельная стоимость перевозки готовой продукции по типам транспортного средства на маршруте следования;

9) стоимость машино-часа по типам транспортного средства на маршруте следования;

10) время доставки определенного вида готовой продукции потребителю на заданном маршруте следования;

11) время транспортно-логистического цикла по направлениям перевозок определенных видов готовой продукции (погрузка-доставка-разгрузка);

12) график работы потребителей готовой продукции;

13) тип груза и тара по ассортименту (вес, габарит);

14) маршруты доставки готовой продукции;

15) возможные ограничения на маршрутах следования (предельный объем загрузки определенного вида транспортного средства в рейсе по датам в течение года);

16) вместимость различных типов груза (навал, МКР) по имеющимся в наличии видам транспортных средств.

В результате моделирования планируется определить следующие показатели транспортно-логистической системы предприятия [123]:

1) общая стоимость логистики продаж (перевозка всей готовой продукции предприятия);

2) стоимость логистики продаж по направлениям перевозок (отдельно по каждому потребителю);

3) интенсивность загрузки фронтов погрузки готовой продукции на производстве;

4) загрузка производственных складов (% загрузки мощностей);

5) потребность в складских площадях (% загрузки площадей);

6) время цикла по направлениям перевозок для каждого потребителя готовой продукции (погрузка-доставка-разгрузка);

7) оптимальный тип и количество транспорта по направлениям перевозок.

Моделирование производилось в разрезе двух сценариев плана продаж готовой продукции предприятия. Перечень потребителей и география поставок в сценариях отличаются ввиду разветвленной сети конечных потребителей и различной удаленности транспортно-логистических терминалов.

Сценарий «АВТО» предполагает доставку всего объема выпускаемой продукции потенциальным потребителям исключительно автомобильным транспортом. При этом плановый объем продаж составляет 390062 т в год, в т.ч.: 15842 т концентратов в МКР; 59 460 т фракционированных песков в МКР; 314760 т песков для стекольной промышленности в МКР и навалом.

Сценарий «ТЛТ» (транспортно-логистический терминал) предполагает доставку продукции потребителям автомобильным и железнодорожным транспортом. Плановый объем продаж: 390078 т в год. Доставка автомобильным транспортом от обогатительной фабрики до потребителей (ОФ - Потребитель): 5336 т концентрата в МКР; 4680 т фракционированных песков в МКР; 61840 т песка для стекольной промышленности в МКР. Доставка по маршруту обогатительная фабрика (ОФ) – ТЛТ – Потребитель, где на участке ОФ –ТЛТ доставка осуществляется автомобильным транспортом, а на участке ТЛТ – потребитель доставка осуществляется железнодорожным транспортом: 9752 т концентрата навалом и в МКР; 57776 т фракционированных песков навалом и в МКР; 252916 т песка для стекольной промышленности навалом и в МКР.

На основании реализации процедур разработанного механизма решения задачи выбора (слоевого упорядочивания) транспортных средств по их приоритетности по множеству оценочных критериев и ранжирования

транспортных средств для эффективной перевозки готовой продукции комбината (см. п. 2.1) были определены оптимальные типы транспортных средств (таблица 3.1): пятиосный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа («еврофура»); шестиосный автопоезд в составе трехосного седельного тягача и трехосного полуприцепа; самосвальный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа [124]. Для реализации процедур моделирования перевозок железнодорожным транспортом по сценарию «ТЛТ» были использованы следующие типы вагонов (таблица 3.2).

Таблица 3.1 – Вместимость оптимальных типов транспортных средств, используемых для перевозки готовой продукции предприятия

№ п/п	Тип ТС	Вместимость	
		В период без весенних ограничений	В период весенних ограничений
1.	Пятиосный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа («еврофура»)	21 МКР 24 МКР	9 МКР
2.	Шестиосный автопоезд в составе трехосного седельного тягача и трехосного полуприцепа	26 МКР	12 МКР
3.	Самосвальный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа	22 тонны	6,5 тонн

Таблица 3.2 – Грузоподъемность различных типов вагонов, используемых для моделирования перевозки готовой продукции предприятия по сценарию «ТЛТ»

№ п/п	Тип вагона	Грузоподъемность, т
1.	Хоппер	72,0
2.	Полувагон	69,0
3.	Полувагон крытый	69,0
4.	Контейнер	20,0

В том случае, если результаты произведенного моделирования покажут нехватку складских площадей относительно указанной на предприятии вместимости, то необходимо при сравнительном анализе сценариев учитывать затраты, связанные с введением (строительством) дополнительных складских мощностей и площадей для хранения готовой продукции, а также рассмотреть варианты расчета строительства и эксплуатации «теплого» и «холодного» складов, исходя из удельной стоимости за один м^2 (27 000 руб./м^2 и 11 500 руб./м^2 , соответственно).

Для моделирования по сценарию «АВТО» возможно использовать традиционную постановку и модель многопродуктовой транспортной задачи, которая распадается на независимые однопродуктовые транспортные задачи в зависимости от количества видов выпускаемой продукции. При этом однопродуктовую транспортную задачу необходимо решить еще и для каждого тип транспортного средства, используемого для перевозки готовой продукции предприятия (пятиосный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа («еврофура»); шестиосный автопоезд в составе трехосного седельного тягача и трехосного полуприцепа; самосвальный автопоезд в составе двухосного седельного тягача с колесной формулой 4х2 и трехосного полуприцепа).

Суммарные транспортные затраты (ТЗ) будут выражены в виде (3.15):

$$\text{ТЗ} = \sum_{z=1}^{z=q} \sum_{g=1}^{g=f} < c_{zg}, v_{zg} > \rightarrow min, \qquad (3.15)$$

где c_{zg} - стоимость перевозки единицы груза из z-го пункта погрузки в g-ю точку, $p_z = (p_{z1}, p_{z2},\ldots,p_{zn})$;

n – количество видов производимой продукции (концентраты, фракционные пески, пески для стекольной промышленности);

v_{zg} - объем перевозок из z-го пункта в g-й, $v_{zg} = (v_{zg1}, v_{zg2},\ldots, v_{zgn})$;

q – количество пунктов хранения и погрузки (погрузочные терминалы обогатительной фабрики);

f – количество точек доставки (потребители продукции предприятия).

В случае, если перевозимые продукты являются независимыми (не взаимозаменяемыми), то система ограничений в задаче будет иметь вид (3.16):

$$\sum_{g=1}^{g=f} v_{zg} = p_z, \text{где } z = \overline{1,q}, \qquad \sum_{z=1}^{z=q} v_{zg} = l_g, \text{где } g = \overline{1,f}, \mathrm{v_{zg}} \geq 0, \qquad (3.16)$$

где p_z - объем погрузки в z-м пункте, $p_z = (p_{z1}, p_{z2},\ldots,p_{zn})$,;

l_g - объем потребления в g-й точке доставки, $l_g = (l_{g1}, l_{g2},\ldots, l_{gn})$.

Для моделирования по сценарию «ТЛТ» возможно использовать формальную постановку многопродуктовой транспортной задачи с промежуточными пунктами, когда имеются пункты хранения и погрузки готовой продукции, промежуточные пункты в виде транспортно-логистических терминалов и конечные точки доставки разнородной продукции предприятия за определенный момент времени. При этом задается комплекс ограничений, связанных с хранением и погрузкой, потреблением в конечной точке доставки и потенциальными возможностями перевозки продукции определенным типом транспортного средства с учетом особенностей перевалки в промежуточных пунктах доставки. В данной задаче необходимо определить оптимальные объемы отгрузки готовой продукции предприятия за определенные промежутки времени, которые бы удовлетворяли заданной системе ограничений и были эффективными с точки зрения традиционных критериев (стоимостных и временных) транспортной задачи.

Формализованная постановка многопродуктовой транспортной задачи с промежуточными пунктами (3.17) может быть представлена как задача оптимизации (максимизации) x_{ijkst} − количество продукта s, которое должно быть отгружено и перевезено из пункта i через транспортно-логистический терминал j в конечную точку доставки (потребителю) k в момент времени t, $i \in I$, $j \in J$, $k \in K$, $s \in S$, $t \in T$:

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{s\in S}\sum_{t\in T} x_{ijkst} \to max, \quad (3.17)$$

где I – множество пунктов отгрузки готовой продукции комбината;

J – множество транспортно-логистических терминалов в системе;

K – множество конечных точек доставки (потребителей продукции);

S – множество видов отгружаемой продукции;

T – временные интервалы планирования отгрузки и доставки грузов в конечные точки.

Двусторонние ограничения модели (3.17) будут иметь вид (3.18)-(3.22):

-ограничения на общий объем хранения и отгрузки готовой продукции предприятия :

$$V^- \le \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{s\in S}\sum_{t\in T} x_{ijkst} \le V^+, \quad (3.18)$$

где V^- и V^+ - минимально и максимально возможные объемы перевозимой продукции, для которых выполняется следующее условие $0 \le V^- \le V^+$.

– ограничения на объемы каждого вида перевозимой продукции в заданные временные интервалы планирования перевозок:

$$M_{st}^- \le \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K} x_{ijkst} \le M_{st}^+, s\in S, t\in T, \quad (3.19)$$

где M_{st} – минимальный объем продукции s, который должен быть перевезен в единицу времени t.

– ограничения на объемы, которые могут быть перевезены из транспортно-логистических терминалов в заданные интервалы планирования:

$$P_{jt}^{-} \leq \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{s \in S} x_{ijkst} \leq P_{jt}^{+}, j \in J, t \in T, \quad (3.20)$$

где P_{jt}^{-} и P_{jt}^{+} - минимально и максимально возможные объемы отгруженной продукции, которые могут быть перевезены в промежуточный пункт (транспортно-логистический терминал) j в момент времени t, $0 \leq P_{jt}^{-} \leq P_{jt}^{-}$.

– ограничения на объемы по каждому виду отгружаемой продукции в погрузочных терминалах обогатительной фабрики в заданные интервалы планирования [116]:

$$0 \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} x_{ijkst} \leq G_{ist}, i \in I, s \in S, t \in T, \quad (3.21)$$

где G_{ist} – максимальный объем продукции s, который может быть отгружен пунктом i в момент времени t.

– ограничения на объемы продукции, которые могут быть перевезены из пункта хранения и погрузки через транспортно-логистический терминал в конечную точку доставки потребителю в заданные интервалы планирования:

$$Q_{ijkt}^{-} \leq \sum_{s \in S} x_{ijkst} \leq Q_{ijkt}^{+}, i \in I, j \in J, k \in K, t \in T, \quad (3.22)$$

где Q_{ijkt} – минимальный объем продукции, который должен быть перевезен из пункта погрузки i через транспортно-логистический терминал j в пункт потребления k в момент времени t.

Транспортно-логистический терминал в определенный момент времени планирования перевозок не может вместить больше груза, чем объемы перевозки за предыдущий момент времени (3.23):

$$\sum_{i\in I}\sum_{k\in K}\sum_{s\in S} x_{ijkst} \geq \sum_{i\in I}\sum_{k\in K}\sum_{s\in S} x_{ijkst+1}, j\in J, t\in T; \quad (3.23)$$

по положительности получаемого решения

$$0 \leq x_{ijkst} \leq V^{+}, i\in I, j\in J, k\in K, s\in S, t\in T.$$

При этом

$$M_{st}^{-} = M_{st}^{\square}, M_{st}^{+} = V^{+}, s\in S, t\in T;\ Q_{ijkt}^{-} = Q_{ijkt}^{\square}, Q_{ijkt}^{+} = V^{+},$$

$$i\in I, j\in J, k\in K, t\in T;\ G_{ist}^{+} = G_{ist}^{\square}, i\in I, s\in S, t\in T,$$

исходя из приведенных условий может быть построена транспортная сеть с двусторонними пропускными способностями дуг и использованы методы решения потоковых задач, в частности алгоритмы поиска потока минимальной стоимости и максимального потока производительности сети.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3

1. В ходе проведенных исследований были формализованы решения транспортной задачи перевозки готовой продукции комбината для различных критериев оптимальности. В качестве целевых функций выступали объемы перевозок, время работы транспортного средства, а также суммарные затраты на транспортировку всего объема продукции. При реализации процедур моделирования были учтены условия неполного использования парка транспортных средств и уровня значимости (приоритетности) определенных маршрутов доставки готовой продукции комбината.

2. Для оценки эффективности функционирования транспортно-логистической системы комбината были сформированы исходные множества входных и результирующих технико-экономических показателей, а также определены принципы формирования сценариев плана перевозки готовой продукции («АВТО» (только автомобильный транспорт) и «ТЛТ» (автомобильный

и железнодорожный транспорт с участием транспортно-логистических терминалов)).

3. Для моделирования по сценарию «АВТО» была формализована многопродуктовая транспортная задача для имеющегося в наличии парка транспортных средств, а также пунктов отгрузки и доставки готовой продукции комбината.

4. Для моделирования по сценарию «ТЛТ» была формализована многопродуктовая транспортная задача с промежуточными пунктами в виде транспортно-логистических терминалов и конечными пунктами доставки объемов разнородной продукции за определенный временной интервал. Поиск оптимальных решений данной задачи базировался на использовании методов анализа транспортных сетей с двусторонними пропускными способностями дуг и заключался в определении потоков минимальной стоимости и максимальной производительности транспортной сети.

4.ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОМБИНАТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРЕВОЗКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

4.1. Формирование информационного базиса для моделирования технико-экономических показателей сценариев доставки потребителям готовой продукции комбината

Для моделирования основных технико-экономических показателей перевозки готовой продукции комбината в рамках сценариев «АВТО» и «ТЛТ» были исследованы взаимосвязи и сформирована структура базы данных, состоящая из следующих компонентов.

Информационный базис потенциальных потребителей включает в себя местонахождение точек доставки, расстояние от места погрузки на обогатительной фабрике до точки доставки, временные параметры функционирования точки доставки (график работы) и тарифы доставки готовой продукции предприятия. При железнодорожной доставке потребителям готовой продукции предприятия была предусмотрена возможность последующего разделения затрат на постоянные и переменные с учетом основных потребителей и направления маршрутов следования грузов. Для этих целей установлены тарифы для автотранспорта на участке обогатительная фабрика - транспортно-логистический терминал и определены системные взаимосвязи с последующими транспортными потоками железнодорожной доставкой грузов.

Информационный базис основных типов используемых транспортных средств содержит информацию о полезной и полной вместимости транспортного средства в тоннах с корректировкой на частичную или полную загрузку с учетом сезонных ограничений.

Для производимой продукции и типов перевозимого груза была определена взаимосвязь со складскими площадями и мощностями отгрузки на обогатительной фабрике, а также с номерами терминалов мест погрузки на складах комбината.

Информационный базис структуры транспортного потока, точек доставки готовой продукции, маршрутов следования и сезонных ограничений содержит в себе следующие показатели: время отправления готовой продукции с определенного терминала склада; допустимое время непрерывной работы и требуемое время отдыха водителей, что актуально для долгих рейсов более одного дня доставки готовой продукции; прочее время (кроме загрузки) для подготовки транспортного средства к рейсу (подготовка кузова к загрузке, весовая, документы и т.п.), которое может зависеть от движения транспортного средства по территории обогатительной фабрики, удаленности мест погрузки от операторской, где водитель транспортного средства получает документы, от особенностей применяемого кузова транспортного средства, от удобства постановки транспортного средства на погрузку и т.п.

Информационный базис затрат времени в точке доставки для принимаемого типа груза учитывает время, затрачиваемое транспортным средством в точке доставки от момента въезда транспортного средства на территорию потребителя и до момента выезда транспортного средства с этой территории с учётом типа доставляемого груза.

Информационный базис ограничений на маршрутах для каждого типа транспортного средства с учетом допустимой загрузки содержит информацию о предельно допустимой массе груза по временным периодам внутри календарного года.

Информационный базис продаж готовой продукции по основным потребителям содержит сведения о товарной номенклатуре перевозимой продукции основным потребителям, их местоположении, типе груза, графике отгрузки, расчётной частоте поставок и количестве рейсов в единицу времени в рамках сформированных транспортных потоков.

Информационный базис расчёта загруженности мест погрузки (погрузочных терминалов обогатительной фабрики) определяет норматив загрузки транспортного средства, т/ч, коэффициент времени загрузки транспортного средства, время работы места погрузки, ч/сутки, а также количество транспортных средств под одновременной погрузкой в местах погрузки (вместимость фронта погрузочных работ). Коэффициент времени загрузки транспортного средства учитывает структуру и длительность простоев погрузочных терминалов обогатительной фабрики между постановками транспортных средств на погрузку. На основании расчетов данных коэффициентов формируется система производственных взаимосвязей складских помещений (мест хранения готовой продукции комбината).

Информационный базис производственных мощностей и объемов выпуска номенклатуры готовой продукции содержит номенклатуру, перечень и показатели количественной оценки производственных мощностей, информацию по производительности каждой номенклатурной единицы, т/год, а также долю произведенной продукции, хранящейся на складе предприятия, %.

Информационный базис страхового запаса готовой продукции на складах предприятия позволяет определить наличие дефицита (профицита) складов, количество дней страхового запаса, количество часов переходящего запаса для обеспечения отгрузки следующего дня). На основе вычисленного дефицита складов возможно произвести прогнозную оценку необходимых инвестиций в строительство дополнительных складских помещений.

4.2. Моделирование основных технико-экономических показателей перспективных сценариев функционирования транспортно-логистической системы комбината

При реализации процедур моделирования по сценариям «АВТО» и «ТЛТ» были задействованы следующие варианты входных параметров и характеристик подвижного состава транспортных средств комбината (автомобильный и

железнодорожный транспорт), используемых для перевозки готовой продукции (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Исходные характеристики подвижного состава для моделирования сценариев «АВТО» и «ТЛТ»

№ п/п	Сценарий	Варианты реализации сценария	Тип подвижного состава
1.	АВТО	Авто 21	Пятиосный автопоезд. Перевозка 21 МКР (9 МКР)
2.		Авто 24	Пятиосный автопоезд. Перевозка 24 МКР (9 МКР)
3.		Авто 22	Самосвальный автопоезд. Перевозка 22 тонны
4.		Авто 26	- Шестиосный автопоезд. Перевозка 26 МКР (12 МКР)
5.	ТЛТ	ТЛТ -21	- Пятиосный автопоезд. Перевозка 21 МКР (9 МКР) - Самосвальный автопоезд. Перевозка 22 тонны - ЖД вагоны. Перевозка 72, 69, 20 тонн
6.		ТЛТ -24	- Пятиосный автопоезд. Перевозка 24 МКР (9 МКР) - Самосвальный автопоезд. Перевозка 22 тонны - ЖД вагоны. Перевозка 72, 69, 20 тонн
7.		ТЛТ-26	- Шестиосный автопоезд. Перевозка 26 МКР (12 МКР) - Самосвальный автопоезд. Перевозка 22 тонны - ЖД вагоны. Перевозка 72, 69, 20 тонн

По каждому из вариантов реализации сценария «АВТО» произведен расчет основных технико-экономических показателей (таблица 4.2). Критерием оптимальности по результатам моделирования являлась годовая итоговая стоимость доставки готовой продукции комбината

При расчете стоимости содержания склада учтены затраты на заработную плату персонала (3 смены по 7 человек) и эксплуатационные расходы (затраты на ремонт и обслуживание складского оборудования и техники, коммунальные платежи, прочие затраты (включая налоги)). Каждая смена включает в себя

следующую явочную численность персонала согласно штатному расписанию: 1 мастер по отгрузке; 3 рабочих по отгрузке; 3 водителя погрузчика.

Таблица 4.2 – Результаты моделирования поставок готовой продукции комбината по сценарию «АВТО»

Параметры моделирования		Авто 21	Авто 24	Авто 22	Авто 26
		Вариант (1)	Вариант (2)	Вариант (3)	Вариант (4)
Тип автотранспортного средства		Еврофура	Еврофура	Еврофура	Шестиосный тягач-прицеп
Стоимость доставки, руб./год без НДС		**323 868 808**	**325 261 044**	**329 376 073**	**329 701 058**
Кол-во рейсов, отгружаемых в день (сутки). Максимальное (среднее).	в период без ограничений	58 (48)	50 (42)	66 (43)	45 (39)
	в период ограничений	124 (110)	118 (109)	157 (110)	90 (82)
Кол-во ТС Максимальное (среднее)	в период без ограничений	70 (51)	72 (65)	77 (56)	65 (53)
	в период ограничений	164 (105)	152 (106)	172 (104)	112 (81)
Процент загрузки места погрузки ТС в МКР (мин. - макс.)	Концентраты	7% - 14%	7% - 11%	7% - 16%	7% - 17%
	Фракц. пески	42% - 71%	42% - 50%	42% - 81%	42% - 61%
	Стек. пески	94% - 106%	84% - 129%	94% - 130%	94% - 110%
Кол-во доп. фронтов для отгрузки песков для стекольной промышленности		1	2	2	1
Дефицит площади на складе песков для стекольной промышленности, м^2	в МКР	6 027	6 033	5 947	6 026
	в м^2	3 917	3 921	3 866	3 917
Стоимость содержания склада, руб./год без НДС		**19 800 000**	**19 800 000**	**19 800 000**	**19 800 000**
Стоимость МКР, руб. без НДС	Цена 1 МКР	288	288	288	288
	Кол-во МКР	366 060	366 060	366 063	366 060
	ИТОГО, руб.:	**105 425 280**	**105 425 280**	**105 426 144**	**105 425 280**
ИТОГО, стоимость логистики доставки готовой продукции потребителям, руб. в год без НДС		**449 094 088**	**450 486 324**	**454 602 217**	**454 926 338**
НДС 20%, руб. в год		**89 818 818**	**90 097 265**	**90 920 443**	**90 985 268**
ИТОГО, стоимость логистики доставки готовой продукции потребителям, руб. в год с НДС		**538 912 906**	**540 583 589**	**545 522 660**	**545 911 606**

Учитывая структуру и объемы производимой продукции комбината были рассчитаны основные статистические характеристики реализации сценария «АВТО» (таблица 4.3).

Анализ результатов моделирования по сценарию «АВТО» позволил выявить оптимальный вариант функционирования транспортно-логистической системы комбината (вариант №1. Авто_21_ежедневно - пятиосный автопоезд,

осуществляющий перевозку 21 МКР в обычных условиях функционирования и 9 МКР в период сезонных ограничений) по следующим причинам: данный тип транспортных средств (пятиосный автопоезд) является наиболее распространенным на рынке автоперевозок и минимизирует риски нехватки транспорта; перевозка 21 МКР не требует точного расположения груза в транспортном средстве и его дополнительного крепления, что снижает временные затраты на погрузочно-разгрузочные работы, а также минимизирует риски превышения ограничений по нагрузке на ось; модели с отгрузками в выходные и праздничные дни (АВТО_22, 24, 26) существенно снижают нагрузку на фронты отгрузок и не могут быть рекомендованы как оптимальные с позиции наличия факторов риска простоя транспортных средств ввиду отсутствия готовой продукции и невыполнения договорных обязательств по ее доставке конечному потребителю.

Таблица 4.3 – Результаты моделирования реализации объемов производимой продукции предприятия по сценарию «АВТО» для перевозки концентратов и фракционированных песков

Номенклатура производимой продукции		Статистические показатели			
		Среднее значение	Станд. откл.	Мин.	Макс.
Концентраты	К1	760	49	400	1060
	К2	205	24	92	340
	К3	109	28	60	240
Фракционированные пески	ФП 1 (-5,0 + 1,2 мм)	640	92	209	1200
	ФП2 (-1,2 + 0,8 мм)	1083	134	520	1874
	ФП 3 (-0,2 + 0,1 мм)	7465	376	6035	9600

Результаты моделирования по сценарию «ТЛТ» включали в себя дополнительные затраты на содержание транспортно-логистических терминалов (ТЛТ) и позволили определить оптимальный вариант доставки готовой продукции комбината (вариант «ТЛТ-21» - использование пятиосного автопоезда для перевозки 21 МКР в нормальных условиях функционирования и 9 МКР в

период сезонных ограничений, либо самосвального автопоезда для перевозка 22 тонны готовой продукции навалом на участке маршрута обогатительная фабрика (ОФ) – (ТЛТ), а также использование железнодорожных вагонов для перевозки 72, 69, 20 тонн на участке маршрута ТЛТ – потребитель) (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Результаты моделирования поставок готовой продукции комбината по сценарию «ТЛТ»

Параметры моделирования		**ТЛТ_21**	**ТЛТ_24**	**ТЛТ_26**
		Вариант (5)	**Вариант (6)**	**Вариант (7)**
Тип автотранспортного средства		**Еврофура**	**Еврофура**	**Шестиосный тягач-прицеп**
Стоимость доставки, руб./год без НДС	**АВТО. ОФ - Потребитель**	29 473 165	28 140 190	28 915 929
	ЖД. ОФ - Потребитель, в т.ч.:	349 873 407	351 498 681	350 769 141
	- ***Авто. ОФ - ТЛТ***	13 981 254	14 523 012	14 279 832
	- ***ЖД. ТЛТ - ЖД ст. Потребителя***	307 929 645	307 929 645	307 929 645
	- ***Авто. ЖД ст. Потребителя - склад Потребителя***	27 962 508	29 046 024	28 559 664
	ИТОГО, руб.:	**316 122 143**	**316 365 726**	**316 404 225**
Кол-во авто рейсов, отгружаемых в день (сутки). Максимальное (среднее).	**в период без ограничений**	49 (44)	49 (45)	50 (44)
	в период ограничений	11 (4)	11 (4)	8 (4)
Кол-во ТС Максимальное (среднее)	**в период без ограничений**	15 (10)	15 (10)	15 (8)
	в период ограничений	23 (10)	22 (10)	20 (9)
Процент загрузки места погрузки ТС в МКР (мин. - макс.)	**Концентраты**	4,0% - 11%	4% - 8%	4% - 13%
	Фракц. пески	15% - 27%	15% - 25%	15% - 43%
	Стек. пески	6% - 12%	6% - 16%	6% - 13%
Стоимость содержания склада, руб./год без НДС		**19 800 000**	**19 800 000**	**19 800 000**
Стоимость содержания ТЛТ, руб./год без НДС		**84 530 000**	**84 530 000**	**84 530 000**
Стоимость амортизации ОС ТЛТ, руб./год без НДС		**25 570 000**	**25 570 000**	**25 570 000**
Стоимость проезда по путям общего пользования, руб./год с НДС		**15 870 336**	**15 870 336**	**15 870 336**
Стоимость МКР, руб. без НДС	**Цена 1 МКР**	288	288	288
	Кол-во МКР	39 258	39 258	39 258
	ИТОГО, руб.:	**11 306 304**	**11 306 304**	**11 306 304**
ИТОГО, стоимость логистики доставки готовой продукции потребителям, руб. в год без НДС		**473 198 783**	**473442 366**	**473 480 865**
НДС 20%, руб. в год		**94 639 757**	**94 688 473**	**94 696 173**
ИТОГО, стоимость логистики доставки готовой продукции потребителям, руб. в год с НДС		**567 838 540**	**568130839**	**568 177 038**

При расчете стоимости содержания транспортно-логистического терминала учтены затраты на заработную плату, эксплуатационные расходы и маневровые работы.

Стоимость проезда по путям общего пользования рассчитана исходя из общего количества отгружаемых вагонов в год 4435 штук, тарифа за проезд по путям общего пользования (17872 руб. без НДС за «ходку») и состава отправки в количестве 10 вагонов.

Статистический анализ номенклатуры производимой продукции комбината (таблица 4.5) позволил выявить основные позиции, определяющие стоимость погрузочно-разгрузочных работ и логистического процесса в целом.

Таблица 4.5 – Результаты моделирования реализации объемов производимой продукции предприятия по сценарию «ТЛТ»

Номенклатура продукции		Статистические показатели			
		Среднее значение	Станд. откл.	Мин.	Макс.
Концентраты	К1 (навал – ЖД)	6959	1237	3100	12300
	К1 (МКР – Авто)	291	45	120	530
	К1 (МКР – ЖД)	417	71	189	639
	К2 (МКР – Авто)	126	15	54	210
	К2 (МКР - ЖД)	1543	127	1139	2109
	К3 (МКР – Авто)	111	12	58	184
Фракционированные пески	ФП 1 (-5,0 + 1,2 мм) (МКР ЖД)	540	63	278	810
	ФП2 (-1,2 + 0,8 мм) (МКР ЖД)	329	45	129	530
	ФП2 (-1,2 + 0,8 мм) (МКР Авто)	125	14	67	174
	ФП 3 (-0,2 + 0,1 мм) (МКР ЖД)	879	142	325	1402
	ФП 3 (-0,2 + 0,1 мм) (МКР Авто)	271	35	136	406
Пески для стекольной промышленности	СП1 (-0,2 + 0,1 мм) навал ЖД	47013	7234	21341	72345
	СП2 (-0,8 + 0,2 мм) навал ЖД	64000	9356	31089	102876
	СП3 (-0,2 + 0,1 мм) МКР ЖД	7 200	1321	12800	2980

Сравнительный анализ средних значений статей эксплуатационных затрат (рисунок 4.1) и структуры статей затрат (рисунки 4.2, 4.3) по сценариям «АВТО» и «ТЛТ» позволил выявить значимые статистические различия (P>0,99, t>3) для показателя «стоимость МКР» в сценарии «ТЛТ», обусловленные наличием в цепи маршрутов доставки готовой продукции комбината железнодорожного транспорта, не использующего при перевозке мягкий контейнер — контейнер из полипропиленовой ткани (МКР).

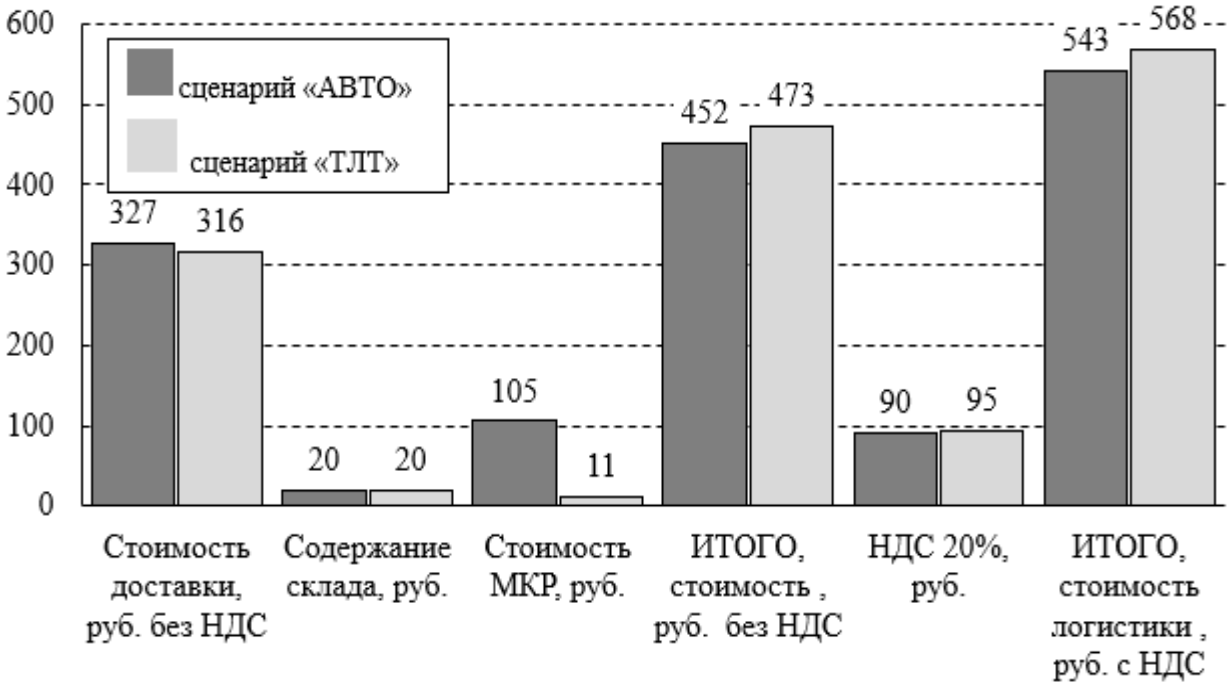


Рисунок 4.1 – Сравнительный анализ средних значений статей затрат по сценариям «АВТО» и «ТЛТ»

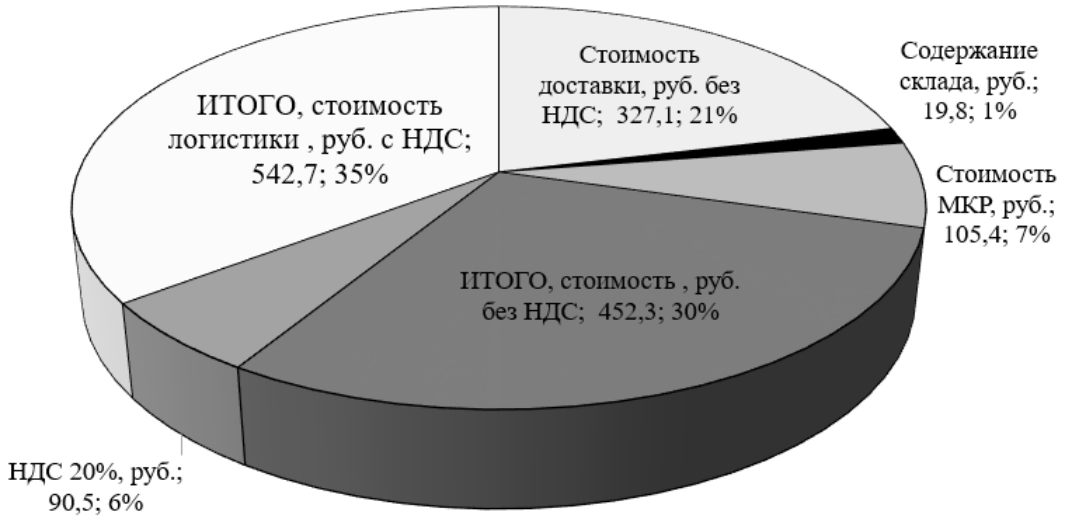


Рисунок 4.2 – Средние значения структуры затрат доставки готовой продукции потребителю по вариантам сценария «АВТО»

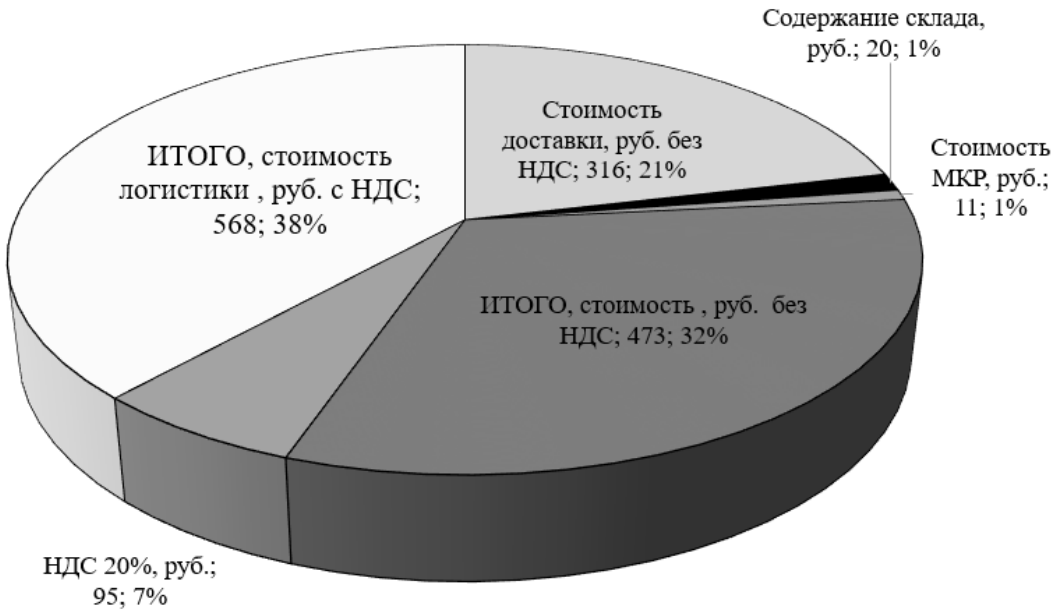


Рисунок 4.3 – Средние значения структуры затрат доставки готовой продукции потребителю по вариантам сценария «ТЛТ»

Проведенный регрессионный анализ количества транспортных средств и числа рейсов для перевозки готовой продукции комбината по сценариям «АВТО» и «ТЛТ» для максимальных, минимальных и средних сценарных значений в периоды нормального функционирования транспортно-логистической системы

предприятия и с учетом сезонных ограничений позволил сформировать комплекс корреляционных взаимосвязей и статистически достоверную номограмму интервальных значений зависимости количества транспортных средств от числа выполненных рейсов $TC_{is}=f_z(КР)$, $\forall$ $z=\overline{1,2}$ $\cup$ $s=\overline{1,2}$ $\cup$ $i=\overline{1,3}$ $\cup$ $j=\overline{1,3}$, с коэффициентами парной корреляции $R^2>0,9$ (рисунок 4.4), где z=1 – моделирование по сценарию «АВТО»; z=2 – моделирование по сценарию «ТЛТ»; i=1 – минимальные сценарные значения; i=2 – средние сценарные значения; i=3 – максимальные сценарные значения; s=1 – моделирование без сезонных ограничений; s=2 – моделирование с наличием сезонных ограничений.

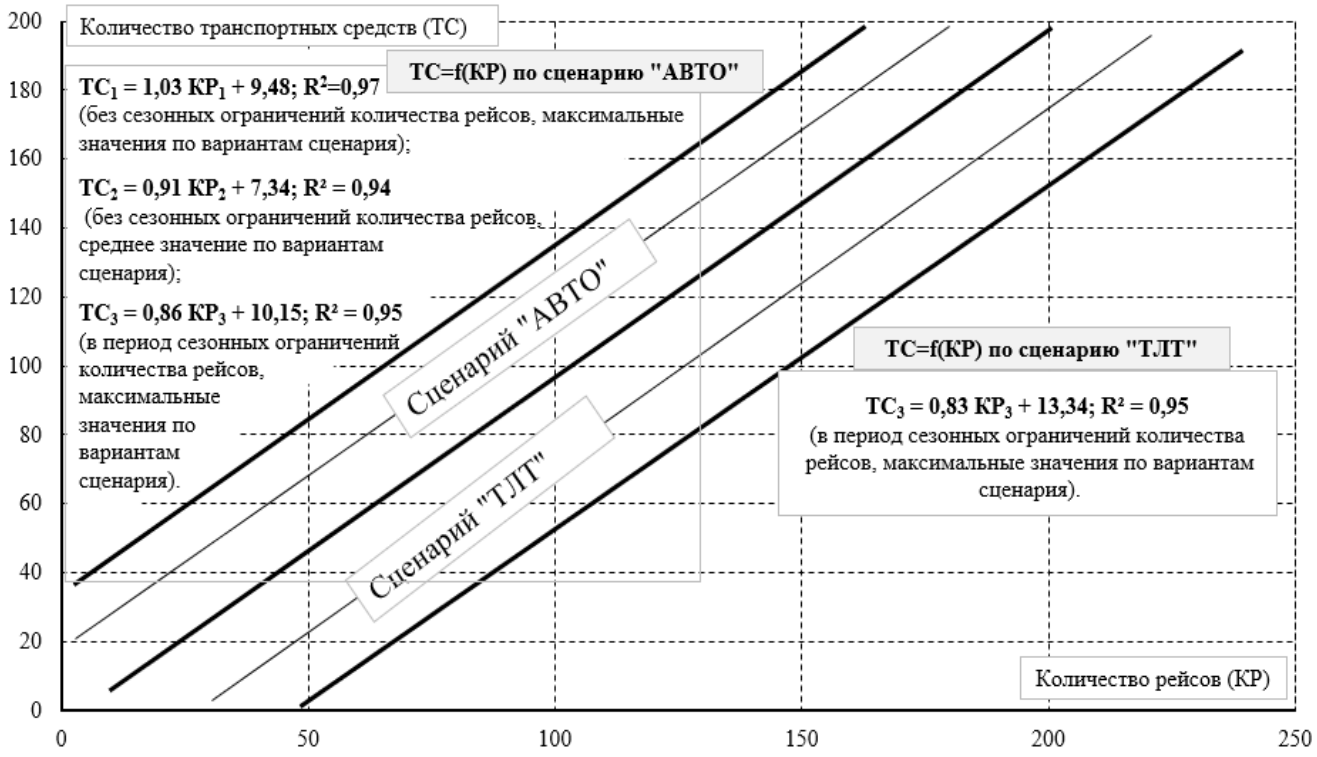


Рисунок 4.4 – Номограмма определения взаимосвязей граничных значений (минимум, максимум, среднее значение) количества транспортных средств от необходимого числа рейсов по вариантам сценариев

Итоговое сравнение моделей сценариев «Авто-21» и «ТЛТ-21» (таблица 4.6) проводилось с акцентом на экономические (стоимостные) показатели доставки готовой продукции комбината на базе статистических индексов темпов роста и

прироста. В качестве базы для сравнения были использованы стоимостные показатели сценария «ТЛТ-21»

$$Т^{*}_{пр.} = \frac{П_{"АВТО"} - П_{"ТЛТ"}}{П_{"ТЛТ"}} 100\%,\ Т^{**}_{р.} = \frac{П_{"АВТО"}}{П_{"ТЛТ"}} 100\%.$$

По итогам сравнения результатов моделирования по сценариям «Авто-21» и «ТЛТ-21» экономически целесообразным считается вариант «Авто-21». Несмотря на то, что стоимость доставки по сценарию «Авто-21» на 2,45% выше ($Т_{пр.}$ = 2,45), общая стоимость логистики на 5,09% ниже за счет отсутствия затрат на содержание ТЛТ и стоимости провоза продукции по путям общего пользования. При этом ежегодные затраты по сценарию «Авто-21» ниже затрат по сценарию «ТЛТ-21» на 24,1 млн. руб. без НДС.

Таблица 4.6 – Сравнительный анализ результатов моделирования вариантов реализации сценариев «АВТО» и «ТЛТ»

Параметры моделирования	Авто 21	ТЛТ 21	**$Т_{пр.}^{*}$**	**$Т_{р.}^{**}$**
	Вариант (1)	Вариант (5)		
Стоимость доставки, руб./год без НДС	323 868 808	316 122 143	**2,45**	**102,45**
Стоимость содержания склада, руб./год без НДС	19 800 000	19 800 000		
Стоимость содержания ТЛТ, руб./год без НДС	-	**84 530 000**		
Стоимость амортизации ОС ТЛТ, руб./год без НДС	-	**25 570 000**		
Стоимость проезда по путям общего пользования, руб./год без НДС	-	**15 870 336**		
Стоимость МКР, руб. без НДС	105 425 280	11 306 304	**832,18**	**932,18**
ИТОГО, стоимость логистики доставки готовой продукции потребителям, руб. в год с НДС	449 094 088	473 198 783	**-5,09**	**94,9**
НДС 20%, руб. в год	89 818 818	94 639 757	**-5,07**	
ИТОГО, стоимость логистики доставки готовой продукции потребителям, руб. в год без НДС	538 912 905	567 838 540	**-5,09**	**94,9**
ИТОГО(без НДС)«ТЛТ» - ИТОГО(без НДС «АВТО»)	**24 104 696**			
ИТОГО(с НДС)«ТЛТ» - ИТОГО(с НДС «АВТО»)	**28 925 635**			
$Т^{*}_{пр.} = \frac{П_{"АВТО"} - П_{"ТЛТ"}}{П_{"ТЛТ"}} 100\%,\ Т^{**}_{р.} = \frac{П_{"АВТО"}}{П_{"ТЛТ"}} 100\%.$				

4.3. Моделирование показателей эффективности функционирования транспортно-логистической системы комбината с учетом потенциальных возможностей использования собственного и арендованного парков транспортных средств в периоды сезонных ограничений

В рамках сформированной модели был произведен расчет основных технико-экономических показателей сценария «АВТО-21» с использованием собственного парка транспортных средств и перевозкой 21 МКР для различных регионов перевозки готовой продукции комбинат.

При расчете учитывались следующие затраты использования собственного парка транспортных средств: постоянные затраты (оплата труда водителей; оплата труда административно-управленческого персонала; амортизационные отчисления/лизинговые платежи); переменные затраты (затраты на ГСМ; затраты на техническое обслуживание и ремонты транспортных средств; затраты на замену шин) [43].

Необходимое количество транспортных средств определялось исходя из потребностей комбината в период, когда не действуют осенне-весенние ограничения. В период действия сезонных ограничений предприятию необходимо будет привлекать транспортные компании (ТК) для перевозок готовой продукции, которые невозможно выполнить собственным парком, либо приобрести дополнительное количество автосамосвалов.

Формализованное описание модели эффективности функционирования автопарка предприятия с учетом привлечения сторонних транспортных средств в период сезонных ограничений выглядит следующим образом. Для увеличения производительности транспортно-логистического комплекса предприятия (в том числе в период сезонных ограничений) требуется приобрести (взять в аренду/лизинг у транспортных компаний ТК) дополнительно $БА_i$ большегрузных автосамосвалов *i-го* типа, $i = \overline{1,n}$ по цене $Ц_i$. На реализацию данных целей может быть израсходовано капитальных затрат (на приобретение транспортных средств) не более $\sum_{i=1}^{i=n} КЗ_i \leq КЗ$, либо (арендная плата, которая учитывается в составе

прочих расходов, связанных с производством и реализацией $\sum_{i=1}^{i=n} \text{АП}_i \leq \text{АП},$). При этом величину удельных затрат (руб./тонну перевозимого груза) обозначим за $УЗ_i$, а среднегодовой объем перевозок (тонн) через $СОП_i$. В качестве критерия оптимальности в данной задаче может выступать минимум затрат (ЗП)→min на перевозку готовой продукции комбината. В такой постановке оптимизационная модель имеет вид (4.1), а ограничения (4.2):

$$\text{ЗП} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{УЗ}_i \ \text{СОП}_i \ \text{БА}_i \rightarrow min, \tag{4.1}$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} \text{СОП}_i \text{БА}_i \geq \Delta\text{Пр}, \qquad \sum_{i=1}^{i=n} \text{Ц}_i \ \text{БА}_i \leq \text{КЗ}, \tag{4.2}$$

$$\text{либо} \sum_{i=1}^{i=n} \text{Ц}_i \ \text{БА}_i \leq \text{АП (в случае аренды транспортных средств)},$$

$$\text{БА}_\text{i} \geq 0, \ i = \overline{1,n}.$$

Первое ограничение модели обеспечивает необходимый объем перевозок готовой продукции парком автосамосвалов, а второе ограничение накладывает допустимую норму капитальных вложений или арендных платежей для приобретенных или арендованных транспортных средств.

Результаты моделирования стоимости перевозки готовой продукции комбината для различных регионов доставки с плечом от 60 до 950 км позволили получить значения данного показателя для условий перевозки грузов собственным автопарком и силами привлеченных (арендованных) транспортных средств (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Расчет эффективности перевозки грузов при использования собственного парка транспортных средств (ТС) и аренды автомобилей в транспортной компании (ТК)

Регион перевозок	**Расстояние до точки доставки**	**Стоимость доставки**		**Относительные изменения показателей**	
		Все перевозки силами ТК	**Перевозки собственным парком ТС**	**$П_{«ТК»} - П_{«ТС»}$**	**$Т_{пр.}^{*}$**
1	60	76 357 500	31 822 105	44 535 395	**139,95**
2	450	55 787 340	50 087 153	5 700 187	**11,38**
3	290	61 148 000	42 523 390	18 624 610	**43,80**
4	500	52 280 000	60 692 083	-8 412 083	**-13,86**
5	610	55 821 504	62 833 629	-7 012 125	**-11,16**
6	950	44 453 000	70 217 545	-25 764 545	**-36,69**
$$Т_{пр.}^{*} = \frac{П_{"ТК"} - П_{"ТС"}}{П_{"ТС"}} 100\%,$$					

Проведенный регрессионный анализ взаимосвязей стоимости доставки от плеча перевозки готовой продукции комбината позволил установить, что экономически целесообразно использование услуг транспортных компаний в период сезонных ограничений для регионов доставки, находящихся на расстоянии более 550 км, (рисунок 4.5), а на более короткие расстояния предпочтительным является собственный автопарк. Окончательное решение о необходимости привлечения к перевозке грузов транспортных компаний и количественных соотношениях в структуре автомобильного парка собственных и арендованных транспортных средств необходимо принимать с учетом анализа различных факторов риска перевозки грузов сторонними организациями.

Таким образом, на основании сравнительно-сопоставительного анализа можно сделать вывод, что доставка готовой продукции собственным парком выгодна только для коротких плеч доставки (до 550 км). При этом существенным требованием для организации собственного парка является создание собственной организационной структуры и ремонтно-эксплуатационной инфраструктуры, требующих дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат. Реализация данных мероприятий может быть экономически обоснована только в случае

необходимости покрытия дефицита определенного типа транспортных средства на рынке транспортных услуг.

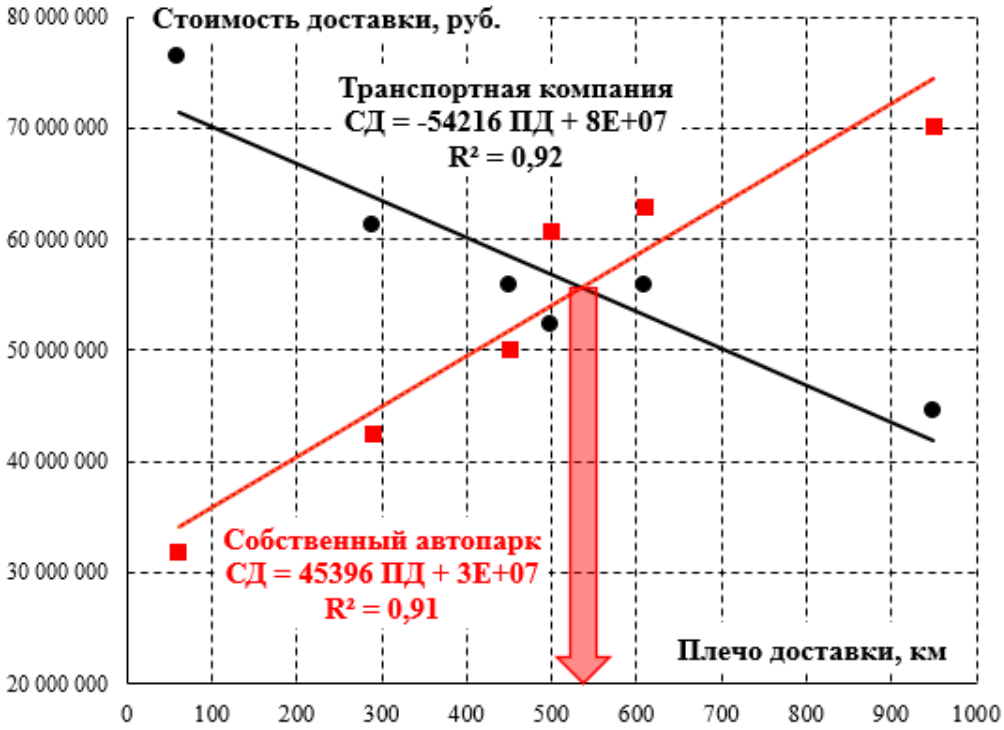


Рисунок 4.5 – Зависимость стоимости доставки груза от плеча перевозки при использования собственного парка транспортных средств и аренды автомобилей в транспортной компании

На следующем этапе моделирования для различных регионов доставки было определено необходимое количество транспортных средств и число рейсов, выполняемых собственным и арендованным автопарком в периоды нормального функционирования транспортно-логистических процессов и во время сезонных ограничений (таблица 4.8).

Проведенный регрессионный анализ взаимосвязей необходимого количества транспортных средств от количества реализованных рейсов (рисунок 4.6) позволил определить соотношения парков арендованных и собственных транспортных средств, выполняемых рейсы по перевозке готовой продукции комбината в условиях осенне-весенних ограничений и в период нормального функционирования транспортно-логистических процессов.

Таблица 4.8 – Расчет необходимого количества транспортных средств на перевозку готовой продукции

Регион перевозок	Кол-во клиентов	Расстояние, км	Необходимое количество ТС		Рейсов без ограничений	Рейсов в период ограничений	ИТОГО рейсов собственными ТС		Рейсы наемными ТС выполняются только в период ограничений	
			в период без огранич.	в период огранич.			в период без огранич.	в период огранич.	в период без огранич.	в период огранич.
1	9	45	24	60	7615	2566	7615	1026	0	1540
2	6	268	6,5	16,4	2057	732	2057	290	0	442
3	5	479	4	8	1086	347	1086	173	0	174
4	1	164	0,3	1,2	126	48	126	12	0	36
5	1	580	0,02	0,05	5	2	5	0	0	2
6	1	460	1,7	4	543	178	543	75	0	103
7	1	636	0,5	1,3	147	56	147	21	0	35
8	1	355	0,06	0,15	18	6	18	2	0	4
9	1	371	0,7	1,6	207	72	207	31	0	41
10	17	320	4,3	10,6	1366	474	1366	192	0	282
11	1	437	0,8	1,8	242	79	242	35	0	44
12	1	631	0,1	0,2	26	8	26	4	0	4
13	1	417	0,05	0,15	15	6	15	2	0	4
14	7	542	1,3	2,8	406	124	406	57	0	67
15	1	671	0,07	0,16	21	7	21	3	0	4
16	7	964	4	6	571	170	571	113	0	57

Анализ зависимостей количества транспортных средств от плеча доставки показал, что формировать автопарк арендованных транспортных средств в период сезонных ограничений целесообразно на плече доставки до 200 км. На более длительных расстояниях мероприятия по привлечению к грузоперевозкам сторонних транспортных компаний являются нецелесообразными (рисунок 4.7).

Моделирование затрат транспортно-логистической системы комбината предопределяет объективную необходимость деления данного показателя постоянные и переменные составляющие. Переменные логистические затраты комбината были рассчитаны для различных регионов доставки в зависимости от количества потребителей и пробега транспортных средств в разрезе затрат на ГСМ

(таблица 4.9), затрат на техническое обслуживание и ремонт транспортных средств (ТОиР), а также замену отработанных автомобильных шин (таблица 4.10).

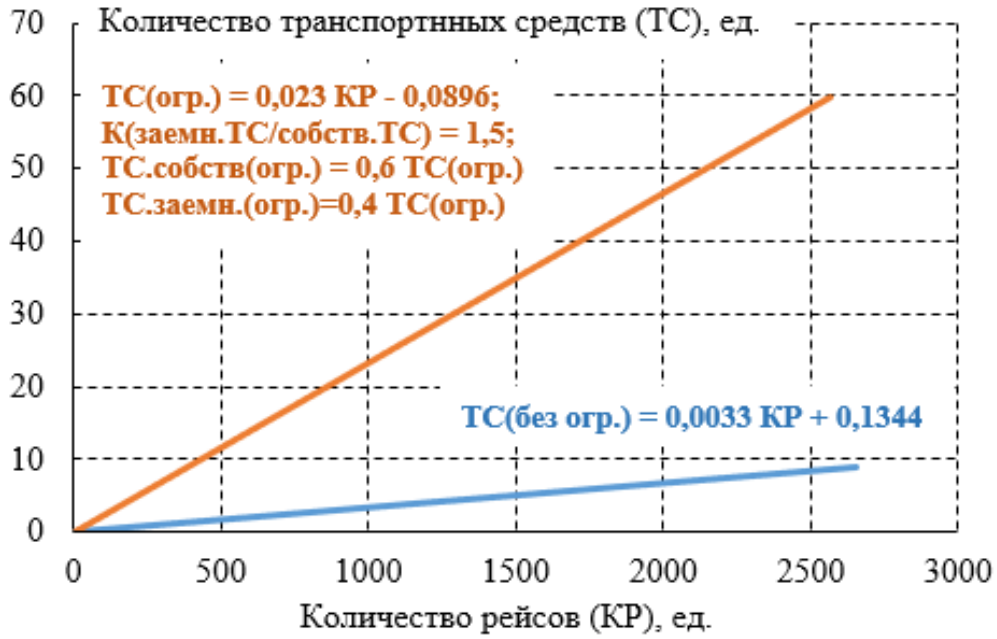


Рисунок 4.6 – Сезонная чувствительность количества транспортных средств от числа совершенных рейсов по сценарию «АВТО-21»

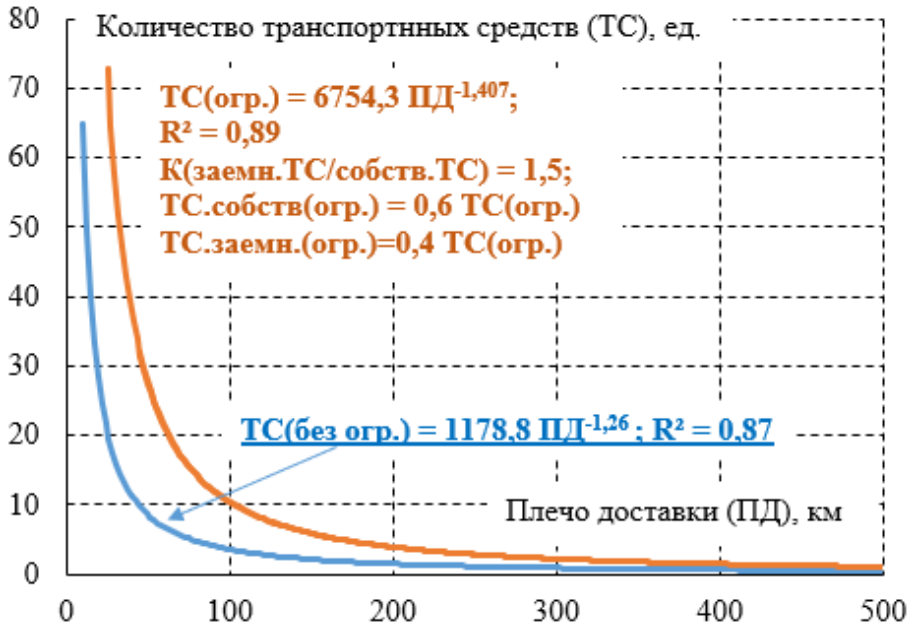


Рисунок 4.7 – Сезонная чувствительность количества транспортных средств от плеча доставки груза

Таблица 4.9 – Расчет переменных затрат на ГСМ для сценария «АВТО-21»

Регион перевозок	ГСМ, руб. в год с НДС (Норма пустой, л/100 км; Норма с грузом л/100 км; цена за 1 л – 48 руб.)		
	Пробег в год	Расход ГСМ, л	Итого за ГСМ, руб.
1	777 690	213 864,8	10 265 508,0
2	1 257 992	345 947,8	16 605 494,4
3	1 206 122	331 683,6	15 920 810,4
4	45 264	12 447,6	597 484,8
5	5 800	1 595,0	76 560,0
6	568 560	156 354,0	7 504 992,0
7	213 696	58 766,4	2 820 787,2
8	14 200	3 905,0	187 440,0
9	176 596	48 563,9	2 331 067,2
10	997 120	274 208,0	13 161 984,0
11	242 098	66 577,0	3 195 693,6
12	37 860	10 411,5	499 752,0
13	14 178	3 899,0	187 149,6
14	501 892	138 020,3	6 624 974,4
15	32 208	8 857,2	425 145,6
16	1 318 752	362 656,8	17 407 526,4

Проведенный регрессионный анализ зависимости переменных затрат от пробега транспортных средств позволил выявить статистически достоверные взаимосвязи для каждого из рассматриваемых элементов (затраты на замену шин, затраты на ТОиР, затраты на ГСМ) (рисунок 4.8). Кроме того, было установлено, что в структуре переменных затрат доминируют затраты на ГСМ (67%), затраты на ТОиР, составляют (20%) и (13%) затрат приходится на замену отработанных шин (рисунок 4.9).

Таблица 4.10 – Расчет переменных затрат на техническое обслуживание, ремонты транспортного средства и замену шин для сценария «АВТО-21»

Регион перевозок	ТОиР, з.ч., АКБ, руб. в год с НДС	Шины, руб. в год с НДС	
	Итого за ТОиР, руб.	Кол-во шин к замене за год	Итого за шины, руб.
1	3 110 760,0	76	1 976 000,0
2	5 031 968,0	123	3 198 000,0
3	4 824 488,0	118	3 068 000,0
4	181 056,0	5	130 000,0
5	23 200,0	1	26 000,0
6	2 274 240,0	56	1 456 000,0
7	854 784,0	21	546 000,0
8	56 800,0	2	52 000,0
9	706 384,0	18	468 000,0
10	3 988 480,0	98	2 548 000,0
11	968 392,0	24	624 000,0
12	151 440,0	4	104 000,0
13	56 712,0	2	52 000,0
14	2 007 568,0	49	1 274 000,0
15	128 832,0	4	104 000,0
16	5 275 008,0	129	3 354 000,0
4000 руб. за 1000 км пробега ТОиР, з.ч., АКБ, руб. в год с НДС			
Количество шин у ТС – 12; Норма пробега 123200 км; стоимость шины – 26000 тыс.руб.			

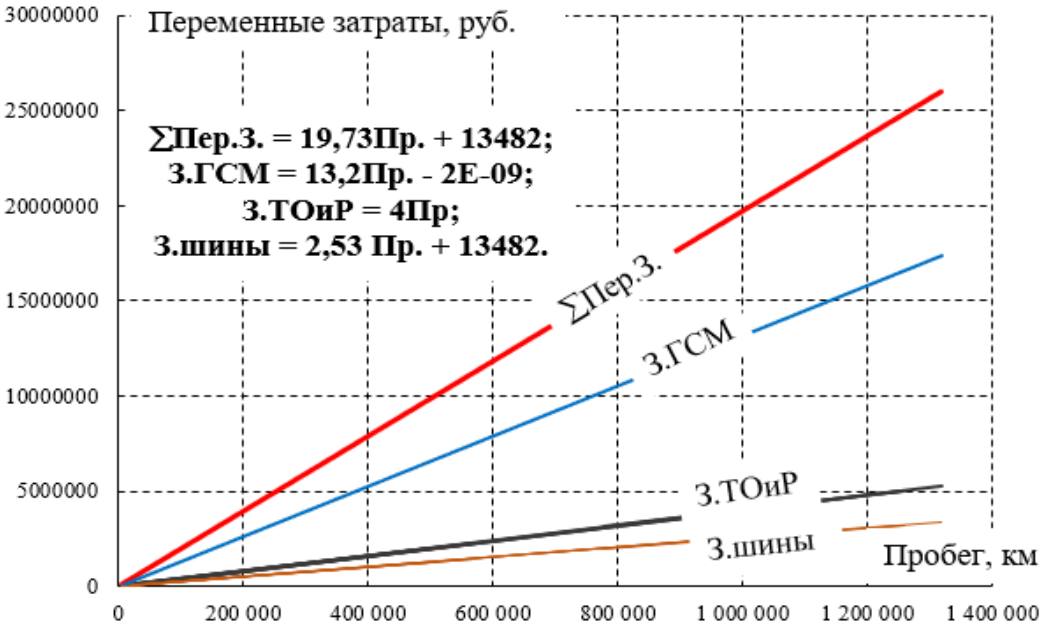


Рисунок 4.8 – Зависимость элементов переменных затрат по сценарию «АВТО-21» от пробега транспортных средств

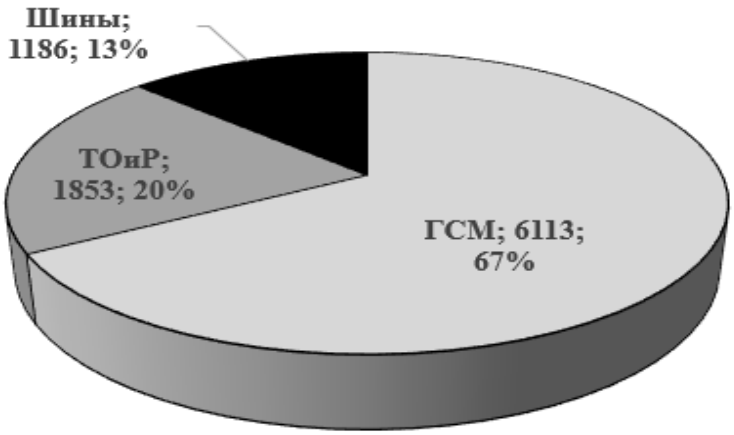


Рисунок 4.9 – Структура переменных затрат сценария «АВТО-21», тыс. руб.

Расчет итоговых переменных затрат для различных регионов перевозок позволил определить удельную стоимость рейса для заданного маршрута транспортировки груза (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Расчет итоговых переменных затрат на перевозку готовой продукции транспортными средствами (ГСМ+ТОиР+Шины) по сценарию «АВТО-21»

Регион перевозок	ИТОГО, переменные затраты, руб. в год с НДС	**Стоимость, руб. с НДС**	
		Стоимость рейса	ИТОГО
1	15 352 268,0	7 500	11 550 000
2	24 835 462,4	22 000	9 724 000
3	23 813 298,4	34 300	5 968 200
4	908 540,8	13 500	486 000
5	125 760,0	40 600	81 200
6	11 235 232,0	34 300	3 532 900
7	4 221 571,2	26 000	910 000
8	296 240,0	24 000	96 000
9	3 505 451,2	24 000	984 000
10	19 698 464,0	21 000	5 922 000
11	4 788 085,6	42 500	1 870 000
12	755 192,0	42 500	170 000
13	295 861,6	42 500	170 000
14	9 906 542,4	27 500	1 842 500
15	657 977,6	45 000	180 000
16	26 036 534,4	33 000	1 881 000

Учет коэффициентов технической готовности транспортных средств и использования парка автомобилей позволил произвести прогнозную оценку необходимого количества транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Расчет потребности в транспортных средствах для осуществления объема перевозок продукции предприятия по сценарию «АВТО-21»

Потребность в ТС (регион)	**Кол-во ТС**	Коэффициент технической готовности (КТГ) = 0,85 (количество технически исправных автомобилей/списочное число автомобилей); Коэффициент использования парка автомобилей (КИП) = 0,9 (отношение фактического количества дней автомобиля на линии (перевозка груза) к количеству дней нахождения данного автомобиля в эксплуатации); Количество ТС с учетом КТГ и КИП = **48,4/0,85/0,9 = 64**
1	24	
2	12,52	
3	5,56	
4	0,95	
5	1,37	
6	4	
ИТОГО	**48,4**	

Количественные оценки парка транспортных средств и стоимости одного рейса позволили произвести расчет основных элементов структуры удельных постоянных затрат с НДС (амортизация/лизинговые платежи, фонды оплаты труда водителей и АУП, отчисления от ФОТ) (таблица 4.13) и определить их величину для различных регионов в зависимости от расстояния до точки доставки готовой продукции и пробега автомобилей (таблица 4.14).

Таблица 4.13 – Расчет удельных постоянных затрат на реализацию сценария «АВТО-21» (стоимость ТС приведена из расчета автомобиля и полуприцепа)

Кол-во ТС	**Стоимость 1 ТС, млн. руб.**	**Итого, за ТС, с НДС, млн. руб.**	**Постоянные, руб. с НДС в год**									
			Амортизация/Лизинг, млн. руб.	**Кол-во водителей**	**З.п. 1 водителя, тыс. руб.**	**ФОТ водителей, млн. руб.**	**З.п. АУП, тыс. руб.**	**Кол-во АУП**	**ФОТ АУП, млн. руб.**	**ИТОГО, постоянные, в год, млн. руб.**	**Пробег в год, млн. км.**	**ИТОГО, постоянные, руб. на 1 км**
64	**12,8**	**819,2**	**81,92**	**77**	**60**	**55,44**	**80**	**5**	**4,8**	**142,16**	**7,41**	**19,2**

Таблица 4.14 – Расчет постоянных затрат на реализацию сценария «АВТО-21» для различных регионов (плеча доставки).

Регион	Расстояние до точки доставки	Пробег, км в год	Постоянные затраты, руб. в год с НДС
1	60	777 690	14 919 837
2	450	3 083 738	29 160 936
3	290	1 401 612	26 889 664
4	500	1 294 136	25 642 944
5	610	2 034 100	28 246 609
6	950	3 318 752	35 300 010

Регрессионный анализ зависимости постоянных затрат от плеча доставки готовой продукции (рисунок 4.10) и от пробега транспортных средств (рисунок 4.11) позволили выявить наличие логарифмических зависимостей, определяющих значительный рост показателя постоянных затрат до расстояния (плеча доставки) ≅ 550 км и пробега автотранспортных средств ≅ 2,5 млн. км/год соответственно, что говорит об относительном удорожании тарифов на перевозку грузов (ΔПЗ/ΔПД) с позиции возрастания уровня постоянных затрат на небольших маршрутах следования грузов.

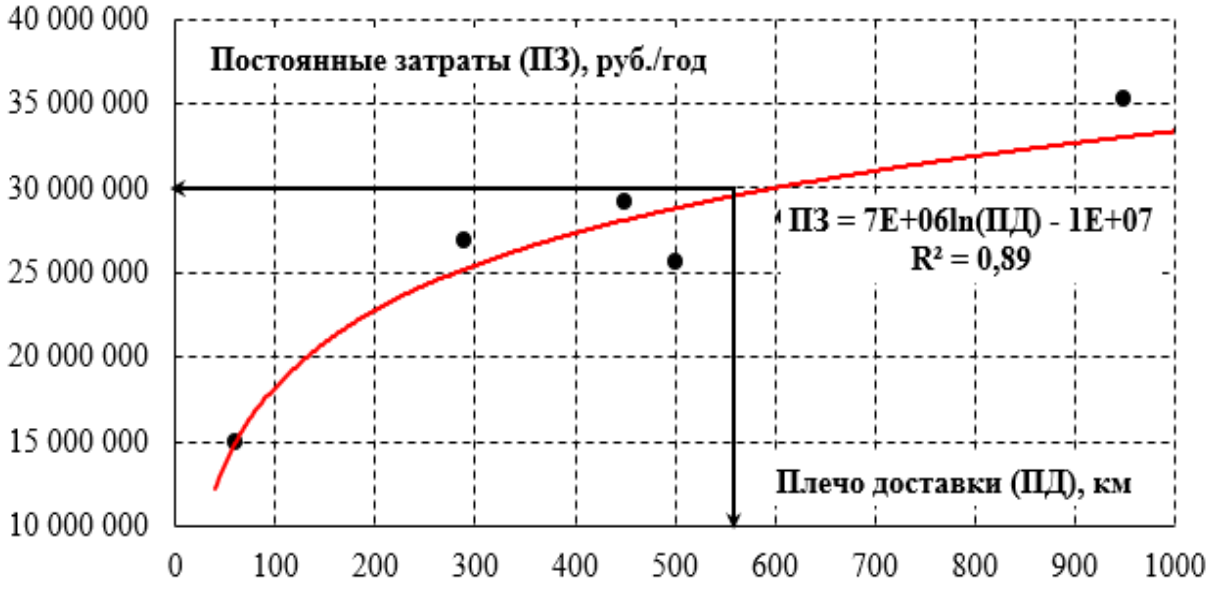


Рисунок 4.10 – Зависимость постоянных затрат на перевозку грузов от плеча доставки

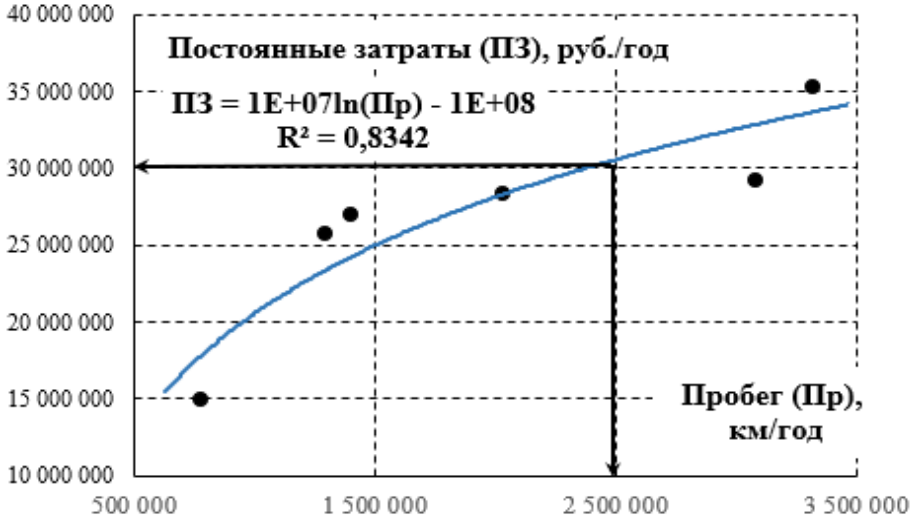


Рисунок 4.11 – Зависимость постоянных затрат от пробега транспортных средств

Проведенный анализ позволил определить величину общих затрат на перевозку готовой продукции комбината по сценарию «АВТО-21» и оценить ее зависимость от пробега автотранспортных средств (рисунок 4.12). При этом было установлено, что для пробега в 2,5 млн. км/год общие затраты комбината на перевозку готовой продукции составят 80 млн руб. или 32 руб./км следования.

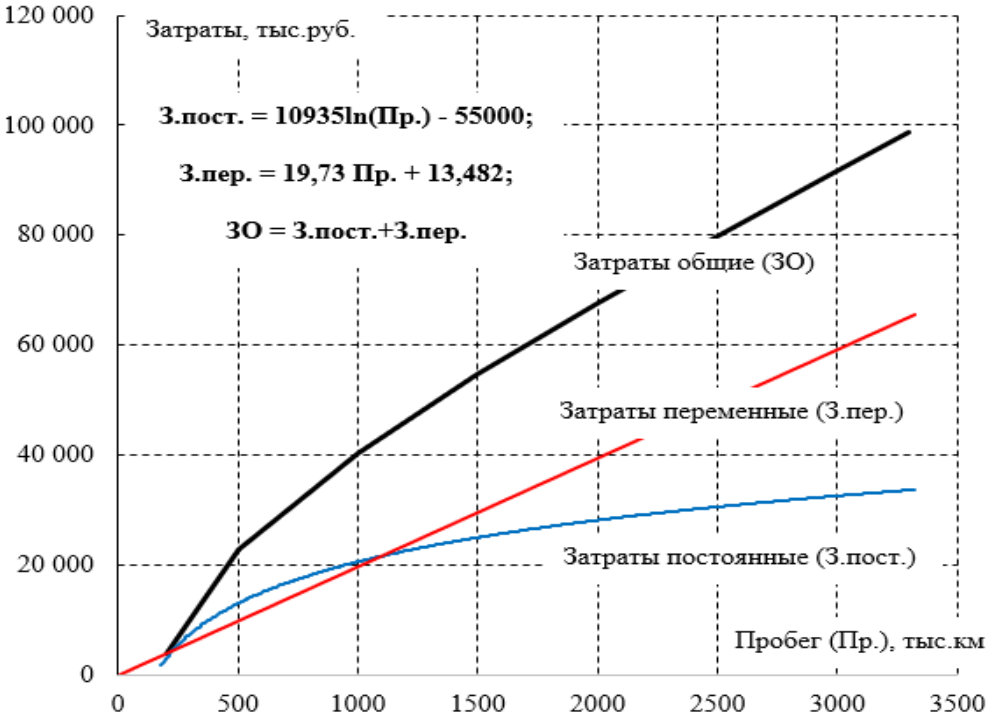


Рисунок 4.12 – Структура общих затрат на реализацию сценария «АВТО-21» в зависимости от пробега транспортных средств

Таким образом, в ходе проведенных исследований были установлены структуры постоянных и переменных затрат транспортно-логистической системы предприятия, а также определены взаимосвязи этих показателей от различных факторов функционирования логистики (сезонные ограничения, плечо доставки, пробег, количество автотранспортных средств, уровень технической готовности, степень использования автомобильного парка).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований дано решение актуальной научной и практической задачи, заключающейся в повышении эффективности управления и надежности функционирования транспортно-логистической системы комбината на основе совершенствования процедур оперативного управления погрузочно-разгрузочными процессами и поиска оптимальных показателей транспортировки готовой продукции.

1.Статистический анализ основных технико-технологических показателей зон хранения и мест погрузки готовой продукции комбината позволил определить для каждой зоны взаимосвязи времени загрузки одного автомобиля от скорости загрузки для различных вариантов грузоподъемности выделяемых под погрузку транспортных средств в диапазоне от 10 до 41 т и выделить на промышленной площадке зоны эффективной и неэффективной загрузки.

2. Разработаны подходы к определению вероятности возникновения риска отгрузки произведенной продкуции (безотказной работы погрузочных терминалов), произведен анализ основных рисковых показателей, построена матрица рисков и осуществлено ранжирование рисков для соответствующих зон хранения и мест погрузки готовой продукции в транспортно-логистическом терминале комбината, дифференцированных по номенклатуре производимой продукции, способам отгрузки и размеру фракции сыпучей массы песков.

3. Решена задача выбора транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината в рамках которой было сформировано: исходное множество альтернативных вариантов транспортных средств; совокупность оценочных критериев для оценки эффективности перевозки готовой продукции (технические, организационные, экономические, размеры вреда от превышения допустимых осевых нагрузок и от превышения значений допустимой массы для различных типов транспортных средств); структура предпочтений оценочных критериев для определенного типа транспортных средств. В результате проведенного исследования была реализована процедура слоевого упорядочивания исходного множества транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината на сформированном множестве оценочных критериев.

4.Были формализованы и найдены численные решения транспортной задачи перевозки готовой продукции комбината для различных критериев оптимальности. В качестве альтернативных целевых функций выступали объемы перевозок, время работы транспортного средства, а также суммарные затраты на транспортировку всего объема продукции. При реализации процедур моделирования были учтены условия неполного использования парка транспортных средств и уровня значимости (приоритетности) определенных маршрутов доставки готовой продукции потребителям.

5. Для оценки эффективности функционирования транспортно-логистической системы комбината были сформированы исходные множества входных и результирующих технико-экономических показателей, а также сформированы сценарии реализации плана перевозки готовой продукции. Сценарии «АВТО» предполагают перевозку готовой продукции комбината только автомобильным транспортом, а сценарии «ТЛТ» - автомобильным и железнодорожным транспортом с участием транспортно-логистических терминалов.

6. Для моделирования по сценарию «АВТО» была формализована многопродуктовая транспортная задача для имеющегося в наличии парка транспортных средств, а также пунктов отгрузки и доставки готовой продукции. Для моделирования по сценарию «ТЛТ» была формализована многопродуктовая транспортная задача с промежуточными пунктами в виде транспортно-логистических терминалов и конечными пунктами доставки объемов разнородной продукции за определенный временной интервал. Поиск оптимальных решений данной задачи базировался на использовании методов анализа транспортных сетей с двусторонними пропускными способностями дуг и заключался в определении потоков минимальной стоимости и максимальной производительности транспортной сети.

7. Проведенный регрессионный анализ взаимосвязей необходимого количества транспортных средств от количества реализованных рейсов позволил определить количественные соотношения парков арендованных и собственных транспортных средств, выполняемых рейсы по перевозке готовой продукции комбината в условиях осенне-весенних ограничений и в период нормального функционирования транспортно-логистических процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абд Алхади Х., Минин Ю.В. Моделирование информационной системы транспортной логистики // Информационные процессы, системы и технологии. 2023. Т. 4. № 1 (25). С. 22-28.
2. Айвазян С. А. Исследование зависимостей / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. — М.: Финансы и статистика, 1985. — 487 с.
3. Аникин Б.А. Коммерческая логистика: учебник / Б.А. Аникин, А. П. Тяпухин. – Москва: Проспект, 2017. – 426 с.
4. Антоненко Г.А., Кузнецова А.А. Современные тенденции транспортной логистики российских компаний // Научный аспект. 2023. Т. 5. № 10. С. 521-527.
5. Багинова В. В., Кузьмин Д. В. Особенности развития контрейлерных перевозок в России. Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013;3(2):49–52.
6. Бажина Д.Б., Лукинский В.С., Николаевский Н.Н. Имитационное моделирование цепей поставок на основе системной динамики // Логистика и управление цепями поставок. 2020. № 1 (96). С. 47-56.
7. Баранова Н.В., Мезенцев Ю.А., Павлов П.С. О задаче и алгоритмах согласованного оптимального управления производством и материальными потоками предприятия // Системы анализа и обработки данных. 2021. № 3 (83). С. 7-18.
8. Блем А.Г., Веряскин А.А., Макарова Н.Е. Оптимизация транспортной логистики коливинговых компаний // Ползуновский альманах. 2023. № 3. С. 83-87.
9. Борзова А.С., Львович Я.Е., Муха В.В. Многокритериальное моделирование выбора варианта структуры управления логистическим процессом в организационной системе // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2021. Т. 9. № 2 (33). С. 17-18.
10. Боцвин Д. В. Логистические основы организации контейнерных перевозок на базе координационной компании // Транспорт: наука, техника, управление. 2011;(5):58–61.
11. Брынцев А.Н. Риски логистических провайдеров в цифровой экономике // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. - 2017. - № 2. - С. 16-19.
12. Брынцев А.Н., Лапин А.В., Левина Е.В. Повышение экономической безопасности промышленности на основе платформенных решений // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. - 2020. - № 4. - С.73-78.

13. Венде Ф., Волков В., Кузнецова Е., Яшина Ю. Логистика как нормативно-технологический каркас хозяйственной деятельности в цифровой экономике. Логистика. - 2019. - № 12 (157). - С. 40-45.
14. Водянова В., Заичкин Н., Ермаков И., Кузьминых С. Оценка задержки движения грузов в транспортных коридорах национальной логистической системы // Логистика. 2021. № 3 (172). С. 30-34.
15. Воеводская А.С. Системный анализ как метод принятия решения при логистическом проектировании складских систем // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 4-1 (62). С. 68-72.
16. Волков В.Д. Системно-операционные основы информационной и транспортной логистики в мультимодальных и международных перевозках: дисс. … докт. техн. наук: 05.22.01 / В.Д.Волков: Моск. автомобил.-дорож. гос. тех. унив-т. - Москва, 2010. - 363с.
17. Губенко В. С. Управление цепями поставок контейнерных грузов на принципах логистического аутсорсинга. Автореф. дис. … канд. экон. наук. СПб.: ИНЖЭКОН; 2009. 18 с.
18. Гусарова М.М., Кахриманов О.А. Применение цифровых технологий в логистических системах // Инновационная экономика и современный менеджмент. 2021. №1(32). С. 17-18.
19. Дмитриев А.В. Развитие цифровых платформ транспортно-логистического обслуживания // Логистические системы в глобальной экономике. 2020. № 10. С. 125-129.
20. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. - М.: Диалектика, 2017. – 912 с.
21. Дудник Т.А., Бодров А.С., Колпакова С.В., Лёвшина К.В. Решение задачи коммивояжера с ограничением времени доставки в условиях развития цифровых технологий на транспорте // Мир транспорта и технологических машин. 2021. № 1 (72). С. 64-72.
22. Дыбская В.В., Сергеев В.И. Трёхуровневая модель интегрированного управления запасами в цепях поставок // Логистика и управление цепями поставок. 2020. № 2 (97). С. 47-57.
23. Дыбская В.В., Сергеев В.И. Цифровая логистика и управление цепями поставок: перспективы развития //Логистика: современные тенденции развития. - 2018. - №1. - С. 5-11.

24. Ермаков А.А. Имитационное моделирование для принятия решений в логистике // Актуальные исследования. 2021. № 17 (44). С. 9-11.
25. Зайцев Е. И., Парфенов А. В., Уваров С. А. Процессная модель формирования надежных цепей поставок // Логистика и управление цепями поставок. 2012;(49):5–14.
26. Зак Ю.А. Прикладные задачи многокритериальной оптимизации. М.:Экономика, 2014. – 455с.
27. Золкин А.Л., Зайцева И.Н., Тычков А.С., Артамонов А.А. Оптимизации работы складского комплекса транспортной логистики за счет внедрения механизма сквозных нечетких транзакций // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 277-283.
28. Капитонов А. Е. Организация контейнерных перевозок на основе принципов логистики: дис. … канд. технич. наук: 05.22.08. СПб; 2001. 190 с.
29. Карнакова В.В. Натуральные алгоритмы в транспортной логистике // Уральский научный вестник. 2023. Т. 8. № 6. С. 88-91.
30. Квитко К.Б. Структурно-логическая модель транспортно-логистического кластера // Инновационные транспортные системы и технологии. 2021. Т. 7. № 4. С. 76-89.
31. Кейванова Е.В. Сущность социально ориентированной логистики и ее роль в общественной жизни // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2014. – № 2. – С. 142–147.
32. Кириллова А. Г. Методология организации контейнерных и контрейлерных перевозок в мультимодальных автомобильно- железнодорожных сообщениях: дисс. ... д-ра технич. наук: 05.22.01. М.; 2010. 335 с.
33. Королева Е.А., Сурнина А.С., Филатова Е.В. Цифровизация системы контейнерных перевозок // Транспортное дело России. -2020.- № 1. - С. 152-155.
34. Котов Ф.А., Преображенская В.В. Применение методов имитационного моделирования в складской логистике // Научный аспект. 2020. Т. 14. № 2. С. 1831-1836.
35. Ксенофонтова В.А. Обобщенная математическая модель процессов перевозок грузов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2021. № 2 (82). С. 158-167.
36. Кудайберген К. Ж. Разработка механизма ситуационного управления цепочками поставок в транспортно-логистической системе промышленного

холдинга: дисс. …канд. техн. наук: 2.3.1 / Кудайберген Канат Жакыпулы. -М., 2022.- 175с.
37. Куприяновский В.П., Евтушенко С.Н. Правительство, промышленность, логистика, инновации и интеллектуальная мобильность в цифровой экономике // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017. – Т. 13. – № 1. – С. 76.
38. Левенцов А.Н., Лавров А.С., Маркина А.С. Модель выбора приоритета планирования маршрутных карт в машиностроительном производстве // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. - 2020. - №3. - С.158-173.
39. Лёвкин Г., Куршакова Н., Симак Р., Саттаров Р. Методические подходы к декомпозиции логистической системы производственного предприятия // Логистика. 2021. № 1 (170). С. 36-40.
40. Линёв О.Н. Оценка эффективности функционирования логистических систем. // Российское предпринимательство. 2008;112(6-1):21–23.
41. Лукинский В.С., Серова Е.Г. Методы и инструменты интеллектуального анализа данных в цифровой логистике и управлении цепями поставок// Логистика и управление цепями поставок, 2018, № 4(87), С. 73-80
42. Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометерологической информации. – СПб.: РГГМУ, 2020. -196с.
43. Мандрыкин А.В., Пахомова Ю.В. Модель организации и управления логистическими системами // Экономинфо. 2020. Т. 17. № 1. С. 61-66.
44. Мартынович Н.В. Проблема рисков при построении глобальных цепей поставок // Цифровая наука. 2021. № 1. С. 17-22.
45. Маслов Е.С. Разработка методов управления транспортно-экспедиционной деятельностью на основе интеллектуальных информационных технологий: дис. канд. техн. наук: 05.22.01. – Рос. университет транспорта, Москва, 2019 – 158 с.
46. Москвичев О.В., Васильев Д.В. Интеллектуальная система управления контейнерным терминалом // Железнодорожный транспорт. 2021. № 4. С. 16-19.
47. Неверова Е.В., Панькин Д.С. Оценка рисков и преимуществ мультимодальных перевозок в условиях глобальных экономических преобразований // Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. 2023. № 3 (113). С. 96-99.

48. Нильсен Э. Практический анализ временных рядов: прогнозирование со статистикой и машинное обучение.: Пер. с англ. -СПб.: ООО «Диалектика», 2021. -544с.
49. Никитин С.И., Никифоров Е.С., Фельдшеров К.В. Моделирование логистических процессов в условиях риска//Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. - 2019. - № 1 (15). - С. 191-199.
50. Никишов С. И. Анализ надежности логистического провайдера на основе аппарата теории нечетких множеств // Риск: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2019. – № 4. – С. 19-23.
51. Никишов С. И. Формирование и развитие адаптивно-интегрированной логистики на основе интеллектуальных технологий // Российское Предпринимательство. – 2019. – Т. 20. – № 1. – С. 393-400.
52. Никишов С.И. Моделирование информационных потоков в логистике // Российский Экономический Интернет-Журнал. – 2017. – № 4 – С. 47.
53. Панова Н.Ф. Поддержка принятия решений в транспортной логистике // Экономика и предпринимательство. 2023. № 2 (151). С. 553-557.
54. Покровская О.Д., Куликов Е.С. Автоматизация проектирования логистических цепей и их элементов в свете цифровизации транспортной отрасли России // Вестник транспорта. 2020. № 1. С. 16-20.
55. Попов В.Н., Боровская Ю.С. Инновации в транспортной логистике: теоретические и практические аспекты // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2023. № 2. С. 41-46.
56. Роменская М.В., Ершов А.Д., Соколов М.Ю., Арустамова А.Р. Об актуальных направлениях развития железнодорожной логистики на полигоне центрального транспортного узла // Инновационный транспорт. 2023. № 1 (47). С. 14-20.
57. Рубцов А.Е., Ботвин Г.А., Белых Д.Л. Обзор и анализ современного программного обеспечения для управления цепями поставок // Экономика и управление. - 2017. - №1 (135). - С.39-46.
58. Сергеев В.И. Перспективы развития цифровой логистики и SCM в России и роль школы логистики НИУ ВШЭ // Логистика и управление цепями поставок. - 2017. - № 6 (83). - С. 3-14.
59. Силкина Г.Ю., Щербаков В.В. Инструментальное обеспечение цифровизации логистики // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2018. - № 4. – С. 6-10.

60. Симионова Н.Е., Кириченко Д.А. Подходы к управлению эффективностью цепей поставок // Экономика и предпринимательство. 2021. № 1 (126). С. 1079-1083.
61. Скворцова Д.А., Руденко К.Д. Современные методы управления в транспортной логистике // Наука и бизнес: пути развития. 2023. № 11 (149). С. 49-53.
62. Сковородников О.Г. Цифровая трансформация логистики: шаг бизнеса в будущее // Логистика сегодня. 2020. № 4. С. 260-264.
63. Смоленчук А.М. Применение современных инструментальных средств и технологий математического моделирования при исследовании мультимодальных грузоперевозок // Russian Journal of Logistics & Transport Management. 2021. Т. 6. № S. С. 97-101.
64. Усачева Л.Н., Шепелин Г.И. Управление цепями поставок морского транспорта с помощью цифровых технологий // Актуальные исследования. 2021. № 29 (56). С. 20-22.
65. Фам Н.В. Решения для минимизации логистических затрат в цепях поставок // Креативная экономика. 2021. Т. 15. № 6. С. 2317-2334.
66. Хайбуллина Э.Э., Мазуренко О.И., Русинов И.В. Применение современных информационных технологий в транспортной логистике и их влияние на эффективность грузоперевозок // Транспортное дело России. 2021. № 1. С. 130-134.
67. Халын В.Г. Разработка автоматической системы управления складским логистическим транзитным комплексом на базе применения искусственного интеллекта // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2020. № 3 (71). С. 61-69.
68. Цевелев А. В., Цевелев В. В. Система управления поставщиками и цепочка создания стоимости: инновационная логистика МТО // Экономика железных дорог. - М.: Прометей, 2018. - №10. – С. 36-42.
69. Чертыковцев В.К. Моделирование потоковых процессов // Парадигма. 2021. № 5. С. 40-45.
70. Ширяев А.Н. Вероятностно-статистические методы в теории принятия решений.- 2-е изд. – М.:МЦНМО, 2014. -144с.
71. Шульженко Т.Г. Модели межорганизационной логистической интеграции в условиях цифровой экономики // Экономика и предпринимательство. – 2018. - № 11 (100). – С. 862-870.

72. Шульженко Т.Г. Совершенствование методов стратегического анализа в задачах инновационного развития логистической инфраструктуры // РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция. - 2020. - № 2. - С.21-29.
73. Щеголева П.С. Стратегическое планирование и развитие предприятий в сфере транспортной логистики в современных условиях // Научный аспект. 2023. Т. 7. № 5. С. 765-768.
74. Щербаков В.В., Силкина Г.Ю., Шевченко С.Ю. От бизнес-модели к бизнес-процессам: методология постановки менеджмента в цифровой среде // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2021. - № 2. – С. 29-34.
75. Эглит Ян.Я., Эглите К.Я., Балыбин А.С., Родионова А.Е. Методика принятия оптимальных управленческих решений при экспедировании // Эксплуатация морского транспорта. 2020. № 4 (97). С. 3-7.
76. Яковлева Д.О. Прогностические модели и основные принципы оценки параметров цифровых потоков данных в логистике международной торговли // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2021. № 4. С. 17-24.
77. Яковлева Д.О., Шульженко Т.Г. Понятие и классификация потоков данных в международных логистических системах // Логистические системы в глобальной экономике. - 2021. - № 11. - С.338-342.
78. AL-Saadi, Tahseen, Alexey Cherepovitsyn, and Tatyana Semenova. "Iraq oil industry infrastructure development in the conditions of the global economy turbulence." Energies 15.17 (2022): 6239.
79. Rakhmangulov, Alexandr, Aleksander Sładkowski, and Nikita Osintsev. "Design of an ITS for Industrial Enterprises." Intelligent Transportation Systems–Problems and Perspectives. Cham: Springer International Publishing, 2015. 161-215.
80. Tahseen, Al-Saadi., Alexey, Cherepovitsyn., T., G., Semenova. (2022). Iraq Oil Industry Infrastructure Development in the Conditions of the Global Economy Turbulence. Energies, doi: 10.3390/en15176239.
81. M, Kamil, Flayeh. (2018). Iraq’s Transport Strategy. doi: 10.18502/KEG.V3I4.2177.
82. Mohammed, Feghoul. (2003). Iraq -United Nations/World Bank Joint Needs Assessment : Transportation and telecommunications.
83. Hala, Strohmier, Berry. (2023). The Importance of Cybersecurity in Supply Chain. doi: 10.1109/ISDFS58141.2023.10131834.
84. Review of The Cumulative Access Limits Under The Rapid Financing Instrument and The Rapid Credit Facility. IMF Policy Paper, doi: 10.5089/9798400248290.007.

85. Jyoti, Bisbey., Seyed, Hossein, Hosseini, Nourzad., Ching-Yuan, Chu., Maryam, Ouhadi., Lili, Li., Qingyang, Gu. (2021). Errata to the articles: “Enhancing the efficiency of infrastructure projects to improve access to finance” and “Attracting private financing in cross-border infrastructure investments”. doi: 10.24294/JIPD.V5I1.1238.
86. Miftahulkhairah, Anwar. (2022). Distribution of Facilities to Improve the Raw Material Storage System. doi: 10.1007/978-3-031-30592-4_37.
87. M., Hakan, Akyüz., Rommert, Dekker., Shadi, Sharif, Azadeh. (2022). Partial and complete replanning of an intermodal logistic system under disruptions. Transportation Research Part E-logistics and Transportation Review, doi: 10.1016/j.tre.2022.102968.
88. Miguel, Regueiro. (2022). Statistical Analysis. doi: 10.4324/9781003139850-25.
89. Janaína, Gonçalves. (2023). Statistical Analysis in Research. doi: 10.33774/coe-2023-k71h2 .
90. José, Manuel, Calizaya, López., Marisol, Benites, Cuba., Rosa, María, Vela, Aquize., Barbara, Eliana, Coaguila, Mitta. (2022). Relevance of statistical analysis in quantitative research. Universidad, ciencia y tecnología, doi: 10.47460/uct.v26i113.569
91. Suhad, Faisal, Abboud. (2022). Using Game Theory to Determine the Optimal Strategy for the Transportation Sector in Iraq., doi: 10.33095/jeas.v28i132.228.
92. Mihnea-Vlad, Nicolae. (2022). The Importance of Simulation Modeling of Different Systems, with an Emphasis on Agent-Based Modeling. Romanian Cyber Security Journal, doi: 10.54851/v4i1y202203.
93. Mohammed, Zabiba., Hussein, A, H, Al-Dallal., Karrar, Habeeb, Hashim., M., M., Mahdi., Mushtak, A., K., Shiker. (2022). A new technique to solve the maximization of the transportation problems. Nucleation and Atmospheric Aerosols, doi: 10.1063/5.0114806.
94. Maythm, Al-Bakri. (2023). Evaluating Roads Network Connectivity for Two Municipalities in Baghdad-Iraq. Mağallaẗ al-handasaẗ, doi: 10.31026/j.eng.2023.06.05.
95. Proposing Risk Responses for Iraqi Petroleum Sector Using Analytic Network Process. doi: 10.1007/978-981-19-7358-1_15.
96. YaWen, Wang. (2023). Overview of Logistics Demand Forecasting Methods. Frontiers in business, economics and management, doi: 10.54097/fbem.v9i2.9293.
97. A., Kharbat, Shadhar., B., Basheer, Mahmood., M., Hashim, Al, Quraishi. (2022). A Novel Methodology for Predicting Roadway Deterioration in Iraq. International journal of engineering. Transactions A: basics, doi: 10.5829/ije.2023.36.01a.06.
98. Proposing Risk Responses for Iraqi Petroleum Sector Using Analytic Network Process. doi: 10.1007/978-981-19-7358-1_15.

99. U., Eggli. (2022). Research on Optimization of Low-Carbon Logistics Distribution Route Based on Genetic Algorithm. doi: 10.1007/978-3-031-28893-7_6.
100. Jadiel, Caparrós, da, Silva. (2022). Application of genetic algorithm in a logistic engineering problem. Desafios, doi: 10.20873/uftv9-11058.
101. Siyuan, Guo. (2023). Research on Logistics Distribution Route Optimization Based on Ant Colony Algorithm. doi: 10.1109/EEBDA56825.2023.10090583.
102. "ACO-tagger: A Novel Method for Part-of-Speech Tagging using Ant Colony Optimization." undefined (2023). doi: 10.48550/arxiv.2303.16760.
103. Foued, Aloulou. (2023). Using the Concept of Accessibility and Linear Programming to Measure and Select the Most Prominent Logistics Cities in Iraq. Journal of mathematics and statistics studies, doi: 10.32996/jmss.2023.4.2.7.
104. Avelina, Alejo-Reyes., Erik, V., Cuevas, Jimenez., Abraham, Mendoza. (2023). A Modified Simulated Annealing (MSA) Algorithm to Solve the Supplier Selection and Order Quantity Allocation Problem with Non-Linear Freight Rates. Axioms, doi: 10.3390/axioms12050459.
105. Computational, Intelligence, and, Neuroscience. (2023). Retracted: Design and Simulation of Logistics Network Model Based on Particle Swarm Optimization Algorithm. Computational Intelligence and Neuroscience, doi: 10.1155/2023/9810623.
106. Li, Na, Ma. (2022). Application of Fuzzy Particle Swarm Optimization Algorithm in Optimizing Logistics Distribution Management System. doi: 10.1109/icetci55101.2022.9832072.
107. Foued, Aloulou. (2023). Using the Concept of Accessibility and Linear Programming to Measure and Select the Most Prominent Logistics Cities in Iraq. Journal of mathematics and statistics studies, doi: 10.32996/jmss.2023.4.2.7.
108. Alessandro, Bertagnon. (2020). Constraint Programming Algorithms for Route Planning Exploiting Geometrical Information. arXiv: Artificial Intelligence, doi: 10.4204/EPTCS.325.38.
109. Firas, S, Raheem. (2023). Enhancing Artificial Intelligence in Advanced Database Systems for Baghdad's Urban Transportation Management. Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN), doi: 10.21533/pen.v11i3.3556.
110. Foued, Aloulou. (2023). Using the Concept of Accessibility and Linear Programming to Measure and Select the Most Prominent Logistics Cities in Iraq. Journal of mathematics and statistics studies, doi: 10.32996/jmss.2023.4.2.7.

111. Tetiana, Haikova., Volodymyr, Zahorianskyi. (2022). Integration of Digital Technologies Into Supply Chain Management. Central′noukraïns′kij naukovij vìsnik, doi: 10.32515/2664-262x.2023.7(38).1.222-228.
112. Kristian, Micko., P., Papcun., Iveta, Zolotova. (2023). Review of IoT Sensor Systems Used for Monitoring the Road Infrastructure. Sensors, doi: 10.3390/s23094469.
113. Julian, M., Kunkel., Nabeeh, Jumah., Anastasiia, Novikova., Thomas, Ludwig., Hisashi, Yashiro., Naoya, Maruyama., Mohamed, Wahib., John, Thuburn. (2020). AIMES: advanced computation and I/O methods for earth-system simulations. doi: 10.1007/978-3-030-47956-5_5.
114. Yun, Ping, Ai., Yongmei, Liu., Jia-Bao, Liu., Yun, Xia, Liu. (2022). Research on Optimization of Intelligent Logistics Agile Distribution Model in Supply Chain Networks. Mathematical Problems in Engineering, doi: 10.1155/2022/422520.
115. G., Z., Zhanbirov., Vadim, Litvin., Igor, Taran., Dana, Aliakbarkyzy. (2023). Substantiation of a reasonable number of forklifts for a warehouse complex with frontal racks in an anylogic environment. Transport Problems, doi: 10.20858/tp.2023.18.2.13.
116. Optimization geometric models of transport network tracing used in city planning. The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, doi: 10.5194/isprs-archives-xlviii-5-w2-2023-63-2023.
117. Sujesh, D., Ghodmare. (2021). Transportation Planning Using Conventional Four Stage Modeling.
118. S., Andronov., O., V., Ulvacheva. (2022). Assessment and increase of the capacity of the transport hub through simulation in the ptv vissim environment. Sistemnyj analiz i logistika, doi: 10.31799/2077-5687-2022-2-113-129.
119. Soft Methods in Probability, Statistics and Data Analysis / edited by Grzegorzewski P., Hryniewicz O., Gil M.A. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH? 2002/
120. Geoffrey R. Grimmett, David R. Stirzaker Probability and Random Processes. – Oxford University Press.3d edition.
121. J. Susan, Milton Jesse Arnold -Introduction to probability and statistics principles and applications for engineering and computing science. -Boston: McGraw-Hill, 2003.
122. Sheldon M. Ross Introduction to Probability Models. – 6th Edition. -Academic Press, 1997.

Основные положения диссертационной работы изложены в следующих опубликованных работах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК Минобрнауки России

123. **Алмунтафеки А.Ф.М.** Моделирование риска отгрузки готовой продукции на основе оптимизации параметров производительности буферных емкостей промышленной площадки комбината // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2023. – Т.12. – № 3(63). – С. 72-78. EDN: NEHMCF; eLIBRARY ID: 54514039; https://vek21.penzgtu.ru/wp-content/uploads/2023/09/2023_63.pdf; https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54514039, (ВАК 2023, п. 127);

124. **Алмунтафеки А.Ф.М.** Модели формирования структуры предпочтений и решения задачи выбора оптимальных параметров транспортно-логистической системы перевозки готовой продукции // «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». – 2023. - №9(2). – С. 52-57. DOI 10.37882/2223-2982.2023.9-2.02. http://www.nauteh-journal.ru/files/bf049aee-27da-4773-8e80-e172729b444b, https://www.elibrary.ru/item.asp?id=55849177 (ВАК 2023, п.2291);

125. Аль-Саиди А.А., Темкин И.О., Алтай В.И., **Алмунтафеки А.Ф.,** Мохедхуссин А.Н. Повышение эффективности алгоритма Дейкстры с помощью технологий параллельных вычислений с библиотекой OpenMP // Инженерный вестник Дона. – 2023. - №8(104). – С. 90-105. EDN: PUCAEP; eLIBRARY ID: 54724882; http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2023/8595; https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54724882, (ВАК 2023, п. 1245);

126. Гончаренко С.Н., **Алмунтафеки А.Ф.М.** Моделирование параметров грузоперевозки на основе бенчмарк-анализа рынка транспортных компаний // Инженерный вестник Дона. – 2024. - №3. http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2024/9063 (ВАК 2023, п. 1245);

127. Гончаренко С.Н., **Алмунтафеки А.Ф.М.** Моделирование распределения продукции промышленного предприятия в иерархических транспортно-логистических системах // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2024.- №3. – С.7-18. (ВАК 2023, п. 773).

Приложение А

(обязательное)

Акты внедрения результатов диссертации

Адрес: Ирак, Дивания, Ул. Аль-Оруба, оф.213
Тел +9647834905629
Email: shopnexpress1986@gmail.com

Компания "Шопини Экспресс"
Транспортно-логистические услуги
Общество с ограниченной ответственностью

23/05/ 2024

А К Т

об использовании результатов научных исследований
АЛМУНТАФЕКИ Асель Фарис Марзуг
в диссертационной работе на тему
«Оценка эффективности функционирования транспортно-логистических процессов промышленного предприятия на основе моделирования оптимальных параметров грузоперевозки» по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

Основные положения, разработанные **АЛМУНТАФЕКИ Асель Фарис Марзуг** в диссертационной работе легли в основу построения модели распределения продукции промышленного предприятия в иерархических транспортно-логистических системах. Оценка эффективности функционирования транспортно-логистической системы комбината на основе решения многопродуктовых потоковых задач определения производительности транспортной сети позволила осуществить фиксацию комплекса основных параметров коммуникативных связей в группе логистических операторов, а также реализовать процедуру поиска оптимального баланса логистических затрат.

Новизна исследования заключается в разработке новых подходов к определению временных интервалов и вероятности возникновения рисков бесперебойной отгрузки произведенной продкуции, которые включают в себя прогнозные оценки рисков переполнения склада и остановки производства из-за отсутствия мест хранения готовой продукции и рисков простоя транспортных средств ввиду отсутствия своевременных поставок готовой продукции.

شوبيني اكسبريس
فرع الديوانية

Практическое использование выявленных в ходе моделирования прогнозных оценок стоимости доставки готовой продукции потребителям и потенциальных возможностей транспортных компаний по предоставлению необходимого количества транспортных услуг для широкого диапазона интервальных значений плеча доставки грузов позволили разработать логико-временную схему варьирования показателей отклонений и осуществить процедуру сценарного моделирования цепочки поставок, обеспечивающую в режиме реального времени воспроизведение закономерностей изменения пространственно-временных и стоимостных параметров грузоперевозок.

Разработанные в диссертации АЛМУНТАФЕКИ Асель Фарис Марзуг сценарные модели оценки эффективности функционирования транспортно-логистической системы комбината приняты к использованию в **компании "Шопини Экспресс"** при расчете временных и стоимостных показателей основных операторов в системе управления цепочками поставок, а также для оперативного контроля временных и стоимостных показателей погрузочно-разгрузочных работ.

Директор компании

Карар Али

Address: Iraq, Diwaniyah, St. Al-Oruba, office 213
Tel +9647834905629
Email : shopnexpress1986@gmail.com

شركة شوبيني اكسبريس
للنقل والخدمات اللوجستية
شركة ذات مسؤولية محدودة

23/05/ 2024

استخدام نتائج البحث العلمي

المنتفكي أسيل فارس مرزوك

في أطروحة حول هذا الموضوع

"تقييم كفاءة عمل عمليات النقل والخدمات اللوجستية لمؤسسة صناعية بناءً على نمذجة المعلمات المثلى لنقل البضائع"

في التخصص ١.٣.٢ "تحليل النظام والإدارة ومعالجة المعلومات والإحصائيات" مقدم للحصول على درجة مرشح العلوم التقنية

شكلت المبادئ الأساسية التي وضعها المنتفكي اسيل فارس مرزوك في أطروحته الأساس لبناء نموذج لتوزيع منتجات المؤسسات الصناعية في أنظمة النقل والخدمات اللوجستية الهرمية. إن تقييم كفاءة نظام النقل والخدمات اللوجستية في المصنع بناءً على حل مشاكل تدفق المنتجات المتعددة لتحديد إنتاجية شبكة النقل، جعل من الممكن إصلاح مجموعة من المعلمات الأساسية لروابط الاتصال في مجموعة من مشغلي الخدمات اللوجستية، وكذلك تنفيذ إجراء لإيجاد التوازن الأمثل للتكاليف اللوجستية.

وتكمن حداثة البحث في تطوير أساليب جديدة لتحديد الفترات الزمنية واحتمالية مخاطر الشحن غير المنقطع للمنتجات المصنعة، والتي تشمل التقييمات التنبؤية لمخاطر تجاوز المستودعات وتوقف الإنتاج بسبب عدم وجود أماكن تخزين للمنتجات الجاهزة. المنتجات ومخاطر تعطل المركبات بسبب عدم تسليم المنتجات النهائية في الوقت المناسب.

إن الاستخدام العملي للتقديرات المتوقعة لتكلفة تسليم المنتجات النهائية للمستهلكين التي تم تحديدها أثناء النمذجة والقدرات المحتملة لشركات النقل لتوفير العدد المطلوب من خدمات النقل لمجموعة واسعة من القيم الفاصلة لكتف تسليم البضائع سمح لنا بذلك تطوير مخطط زمني منطقي لمؤشرات الانحراف المختلفة وتنفيذ إجراء نمذجة سيناريو سلسلة التوريد الذي يضمن إعادة إنتاج أنماط التغييرات في الوقت الفعلي في المعلمات المكانية والزمانية والتكلفة لنقل البضائع.

تم قبول نماذج السيناريو التي تم تطويرها في أطروحة المنتفكي أسيل فارس مرزوك لتقييم كفاءة نظام النقل والخدمات اللوجستية للمحطة للاستخدام في شركة شوبيني اكسبريس عند حساب مؤشرات الوقت والتكلفة للمشغلين الرئيسيين في سلسلة التوريد نظام الإدارة، وكذلك للتحكم التشغيلي في مؤشرات الوقت والتكلفة لأعمال التحميل والتفريغ.

كرار علي

مدير الشركة

شوبيني اكسبريس
فرع الديوانية

Адрес: Ирак, Вавилон, Ул. Аль-Джамия, оф.89

Тел +9647818070538

Email: alrayyancompany1981@gmail.com

Компания "Аль Райян"

"ТОРГОВО-ТРАНСПОРТІВАЯ КОМПАНИЯ"

Общество с ограниченной ответственностью

27 / 05 / 2024

А К Т

об использовании результатов научных исследований, проведенных **АЛМУНТАФЕКИ Асель Фарис Марзуг** в диссертационной работе «**Оценка эффективности функционирования транспортно-логистических процессов промышленного предприятия на основе моделирования оптимальных параметров грузоперевозки**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

В основу разработанного в диссертации механизма решения задачи выбора (слоевого упорядочивания) транспортных средств для эффективной перевозки готовой продукции комбината по множеству оценочных критериев (технические, организационные, экономические) автором положена идея ранжирования транспортных средств на основе воспроизводства режимов, условий функционирования и контроля статуса поставки в транспортно-логистической системе с использованием экспертно-моделирующих процедур.

Основные этапы разработанного механизма, применительно к многоуровневой логистической системе управления транспортными операциями промышленного предприятия сформулированы следующим образом:

Этап 1. Формирование исходного множества альтернативных вариантов транспортных средств и совокупности оценочных критериев для оценки эффективности перевозки готовой продукции комбината;

Этап 2. Формирование структуры предпочтений оценочных критериев для определенного типа транспортных средств перевозки готовой продукции комбината;

Этап 3. Формирование упорядоченного множества транспортных средств для перевозки готовой продукции комбината.

Al Rayyan Company
For trade and transportation

Практическое использование разработанного механизма является эффективным инструментарием рационального планирования поставок готовой продукции предприятия на основании многофакторного анализа показателей эффективности. При этом появляется потенциальная возможность решения задачи выбора рациональных схем для завершения поставки в требуемые сроки и с эффективным мониторингом параметров поставки между основными участниками, что позволит повысить показатели качества осуществления поставок и снизить их суммарную стоимость.

Таким образом, практическое применение разработанного механизма позволит реализовать процессы планирования и управления транспортно-логистическими операциями, а также сформировать оптимальные решения в виде системы временных и стоимостных параметров для всех участников транспортно-логистического процесса.

Разработанный в диссертации механизм решения задачи выбора транспортных средств для эффективной перевозки готовой продукции комбината принят к использованию в **Компании "Аль Райян"** при оценке технической готовности, организационной обеспеченности и экономической эффективности транспортно-логистических процессов предприятия.

Директор компании

شركة "الريـــــان"
" للتجارة والنقل "
شركة ذات مسؤولية محدودة

Address: Iraq, Babylon, St. Al Jamia, office 89
Тел : +9647818070538
Email: alrayyancompany1981@gmail.com

27 / 05 / 2024

بشأن استخدام نتائج البحوث العلمية التي أجريت

المنتفكي أسيل فارس مرزوك

في عمل الأطروحة

"تقييم كفاءة عمل عمليات النقل والخدمات اللوجستية لمؤسسة صناعية بناءً على نمذجة المعلمات المثلى لنقل البضائع" ، المقدم للحصول على الدرجة الأكاديمية لمرشح العلوم التقنية في التخصص ١.٣.٢ "تحليل النظم والإدارة ومعالجة المعلومات والإحصاء"

الآلية التي تم تطويرها في الأطروحة لحل مشكلة اختيار (الترتيب الطبقي) للمركبات للنقل الفعال للمنتجات النهائية للمصنع وفق معايير تقييم متعددة (تقنية، تنظيمية، اقتصادية) تعتمد على فكرة تصنيف المركبات بناءً على إعادة إنتاج الأوضاع وظروف التشغيل والتحكم في حالة التسليم في نظام النقل والخدمات اللوجستية باستخدام إجراءات النمذجة المتخصصة.

تتم صياغة المراحل الرئيسية للآلية المطورة فيما يتعلق بنظام لوجستي متعدد المستويات لإدارة عمليات النقل لمؤسسة صناعية على النحو التالي:

المرحلة ١. تشكيل مجموعة أولية من خيارات النقل البديلة ومجموعة من معايير التقييم لتقييم كفاءة نقل المنتجات النهائية للمصنع؛

المرحلة ٢. تشكيل هيكل التفضيلات لمعايير التقييم لنوع معين من المركبات لنقل المنتجات النهائية للمصنع؛

المرحلة ٣. تشكيل مجموعة مرتبة من المركبات لنقل المنتجات النهائية للمصنع.

يعد الاستخدام العملي للآلية المطورة أداة فعالة للتخطيط الرشيد لتسليم المنتجات النهائية للمؤسسة بناءً على تحليل متعدد العوامل لمؤشرات الأداء. وفي الوقت نفسه، هناك فرصة محتملة لحل مشكلة اختيار المخططات العقلانية لإكمال التسليم ضمن الإطار الزمني المطلوب ومع المراقبة الفعالة لمعايير التسليم بين المشاركين الرئيسيين، مما سيؤدي إلى تحسين جودة عمليات التسليم وتقليل تكلفتها الإجمالية .

وبالتالي فإن التطبيق العملي للآلية المطورة سيمكن من تنفيذ عمليات تخطيط وإدارة عمليات النقل والخدمات اللوجستية، وكذلك صياغة الحلول المثلى في شكل نظام محددات الوقت والتكلفة لجميع المشاركين في النقل والعملية اللوجستية.

تم قبول الآلية التي تم تطويرها في الأطروحة لحل مشكلة اختيار المركبات للنقل الفعال للمنتجات النهائية للمصنع للاستخدام في شركة الريان عند تقييم الاستعداد الفني والدعم التنظيمي والكفاءة الاقتصادية لعمليات النقل والخدمات اللوجستية المؤسسة.

مدير الشركة

Al Rayyan Company
For trade and transportation

Al Rayyan Company
transportation