

На правах рукописи



**Воскресенский Игорь Владимирович**

**Формирование интегрирующих транспортно-технологических  
комплексов и оптимизация их структур**

Специальность 05.22.01

Транспортные и транспортно-технологические системы страны,  
ее регионов и городов, организация производства на транспорте

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2009

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Сибирский государственный индустриальный университет» (ГОУ ВПО «СибГИУ»)

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент  
Смирнов Николай Вячеславович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Корнилов Сергей Николаевич,

кандидат технических наук,  
профессор Вальт Эрвин Брунович

Ведущая организация – Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет путей сообщения».

Защита состоится 04 декабря 2009 г. в 14<sup>00</sup> часов в ауд. 283 на заседании диссертационного совета Д 218.013.02 в Уральском государственном университете путей сообщения (УрГУПС) по адресу: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66. Тел./факс: (343) 358-55-10.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УрГУПС.

Автореферат разослан 02 ноября 2009 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



А.А. Александров

## **Общая характеристика работы**

**Актуальность исследования.** На современном этапе хозяйственных отношений приоритет отдан развитию транспортно-экспедиционного обслуживания потребителей. В странах с устойчивой рыночной экономикой доля транспортно-экспедиционных услуг в транспортном процессе составляет около 60 %, а перевозочная работа – только 40 %. В России доля транспортно-экспедиционных услуг в транспортном процессе составляет 3–6 %. Это объясняется тем, что в период жесткой привязки производителей к базам снабжения ресурсами и распределения продукции грузовые потоки концентрировались на сравнительно ограниченном количестве направлений.

В результате подобной концентрации грузопотоков, предприятия-потребители транспортных услуг создавали и содержали мощную транспортно-складскую инфраструктуру для выполнения начально-конечных операций и обеспечения хранения грузов.

Рыночные отношения разукрупнили отправляемые/принимаемые партии грузов, при этом увеличилась доля внутрирегиональных, преимущественно короткопробежных перевозок. Одновременно пользователи транспортных услуг стали предъявлять более высокие требования к процессу доставки груза, в том числе к скорости, доставке «точно в срок» и др.

Сложившаяся ситуация требует создания на сети дорог мультимодальных транспортных узлов, обеспечивающих, с одной стороны, сборно-распределительные функции логистической дистрибуции грузов (товаров) внутри регионов, с другой – интеграцию региональных перевозок в магистральную сеть страны и в её транспортные коридоры, делая решение этой проблемы актуальным.

Одной из форм мультимодального транспортного узла может быть специализированный терминал по переработке массовых сыпучих и навалочных грузов.

Системообразующим ядром транспортного узла служит интегрирующий транспортно-технологический комплекс (ИТТК), представляющий собой совокупность машин, механизмов и устройств, которые составляют фронт погрузки (у поставщика), средства перевозки груза (у перевозчика) и фронт разгрузки (у потребителя); ИТТК работает по единому технологическому процессу грузодвижения, основанному на принципах логистики.

Диссертационная работа направлена на совершенствование организации грузодвижения посредством создания логистических интегрирующих транспортно-технологических комплексов.

**Целью диссертационной работы** является формирование интегрирующих транспортно-технологических комплексов и оптимизация их структур.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить **следующие задачи.**

1. Выполнить анализ работы ИТТК как сложной системы, функционирующей по логистическим концепциям грузодвижения.
2. Разработать математическую модель функционирования ИТТК и алгоритмы определения ее основных параметров в терминах теории надежности.
3. Разработать алгоритм и модель оптимизации структур ИТТК по многокритериальной задаче.

**Объектом исследования** является транспортно-технологический узел.

**Предметом исследования** является интегрирующий транспортно-технологический комплекс в составе транспортного узла и параметры взаимодействия между его элементами.

**Методы исследования.** Использование теорий сложных систем, массового обслуживания, логистики, надежности, а также методов системного анализа, динамического программирования, математической статистики, имитационного моделирования.

В своей работе автор опирался на труды ученых в области моделирования и построения сложных систем: Р.Л. Акофф, Дж. Ван Гиг, а также в области логистики: Л.Б. Миротина, В.М. Николашина, С.М. Резера, Ю.М. Неруша, А.А. Смехова.

Автор учитывал результаты исследований ученых в области управления железнодорожным транспортом: А.Э. Александрова, В.Г. Галабурды, А.Н. Ефанова, П.А. Козлова, Б.М. Лapidуса, Л.А. Мазо, В.А. Персианова.

**Научная новизна исследования состоит в следующем:**

1. Предложена концептуальная модель ИТТК как системы, включающей совокупность машин, механизмов и устройств по обслуживанию технологического процесса грузопереработки в транспортном узле.
2. Разработана математическая модель функционирования ИТТК, отличающаяся системным подходом к организации взаимодействия ее элементов и обеспечивающая непрерывность процесса грузодвижения между корреспондирующими пунктами.
3. Исследованы параметры взаимодействия между элементами ИТТК, на основании которых разработаны математическая модель и методика определения выходных параметров комплекса.
4. Разработаны алгоритмы и модель многокритериальной задачи оптимизации организационных структур ИТТК.

**Практическая значимость исследования.** Результаты исследования направлены на повышение эффективности работы транспортных узлов, их грузопро-

водящей способности и снижение транспортных затрат, связанных с доставкой грузов потребителю.

Выполненные исследования позволили разработать методику формирования и оптимизации структур интегрирующих транспортно-технологических комплексов, которая может быть применена как при проектировании, так и при организации их работы.

На основании результатов проведенных исследований даны практические рекомендации формирования интегрирующих транспортно-технологических комплексов.

#### **На защиту выносятся:**

1. Концептуальная модель ИТТК как системы, включающей совокупность машин, механизмов и устройств по обслуживанию технологического процесса грузопереработки в транспортном узле.
2. Математическая модель функционирования ИТТК в организационном взаимодействии системы «поставщик – перевозчик – потребитель».
3. Параметры взаимодействия между элементами ИТТК.
4. Алгоритм, математическая модель и методика оптимизации организационных структур ИТТК.

#### **Реализация результатов работы.**

Научные положения диссертации, выводы и рекомендации использованы при расчете рациональной системы доставки угля от мест зарождения потока до обогачительных фабрик ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» и Новокузнецкого филиала «Талдинский угольный разрез» ОАО «Кузбассразрезуголь».

Диссертационные исследования выполнены в соответствии с «Программой экономического и социального развития Кемеровской области на 2005 – 2010 гг.». Результаты диссертационных исследований были использованы при разработке «Стратегии развития Кемеровской области до 2020 года».

**Апробация работы.** Основные положения диссертации доложены и обсуждены на межрегиональной научно-практической конференции «Финансово-экономическая самодостаточность регионов» (13 – 14 февраля 2003 г., Кемерово); научно-практической конференции «Промтрансипроект – 2005» (1 – 3 марта 2005 г., КВЦ «Сокольники», Москва); Международной научно - технической конференции «Качество. Инновации. Наука. Образование» СибАДИ (16 – 17 ноября 2005 г., Омск); Международной логистической конференции «Перспективы и направления развития транспортной системы» (сентябрь 2007 г., Самара); VI Всероссийской научно-практической конференции «Политранспортные системы» СибГУПС (апрель 2009 г., Новосибирск).

Результаты диссертационных исследований были доложены на заседании кафедры «Логистика, грузовая работа и подвижной состав» Сибирского государст-

венного университета путей сообщения, а так же на совместном научном семинаре кафедр «Станции, узлы и грузовая работа», «Экономика транспорта», «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения.

**Публикации.** Основные положения диссертационной работы и научные результаты опубликованы в 17-ти печатных работах (1 монография и 16 статей), четыре из которых в журналах, рекомендованных ВАК: «Мир транспорта», «Транспорт Урала», «Горный информационно-аналитический бюллетень».

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 117 наименований, пяти приложений на 26 страницах; включает 22 рисунка и 13 таблиц. Основной текст изложен на 141 странице.

### **Содержание работы**

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, определены цели и задачи исследования, показаны научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

**В первой главе** дается характеристика экономической ситуации, обуславливающей новую структуру политранспортного обслуживания региона; обоснованы предпосылки к формированию транспортных узлов для обслуживания предприятий региона, системообразующим ядром которых является ИТТК.

Определяющая идея развития транспортно-экспедиционного обслуживания – оптимальная интеграция логистических функций предприятия и его логистических партнеров в цепи «закупка – производство – дистрибуция – продажа» для достижения конечной цели бизнеса: извлечение максимальной прибыли.

Транспортный узел – это совокупность материальных и людских ресурсов, организованных в систему взаимоувязанных технологических процессов в целях обеспечения координации и повышения эффективности перевозок. Для формирования транспортных узлов предлагается модульный принцип, позволяющий оперативно менять технологию транспортного обслуживания предприятий.

ИТТК в работе является объектом исследования, управления и оптимизации.

Технологически и организационно ИТТК представляет собой систему взаимодействующих между собой технических элементов комплекса (модулей) при реализации процесса грузодвижения в транспортном узле (рис. 1).

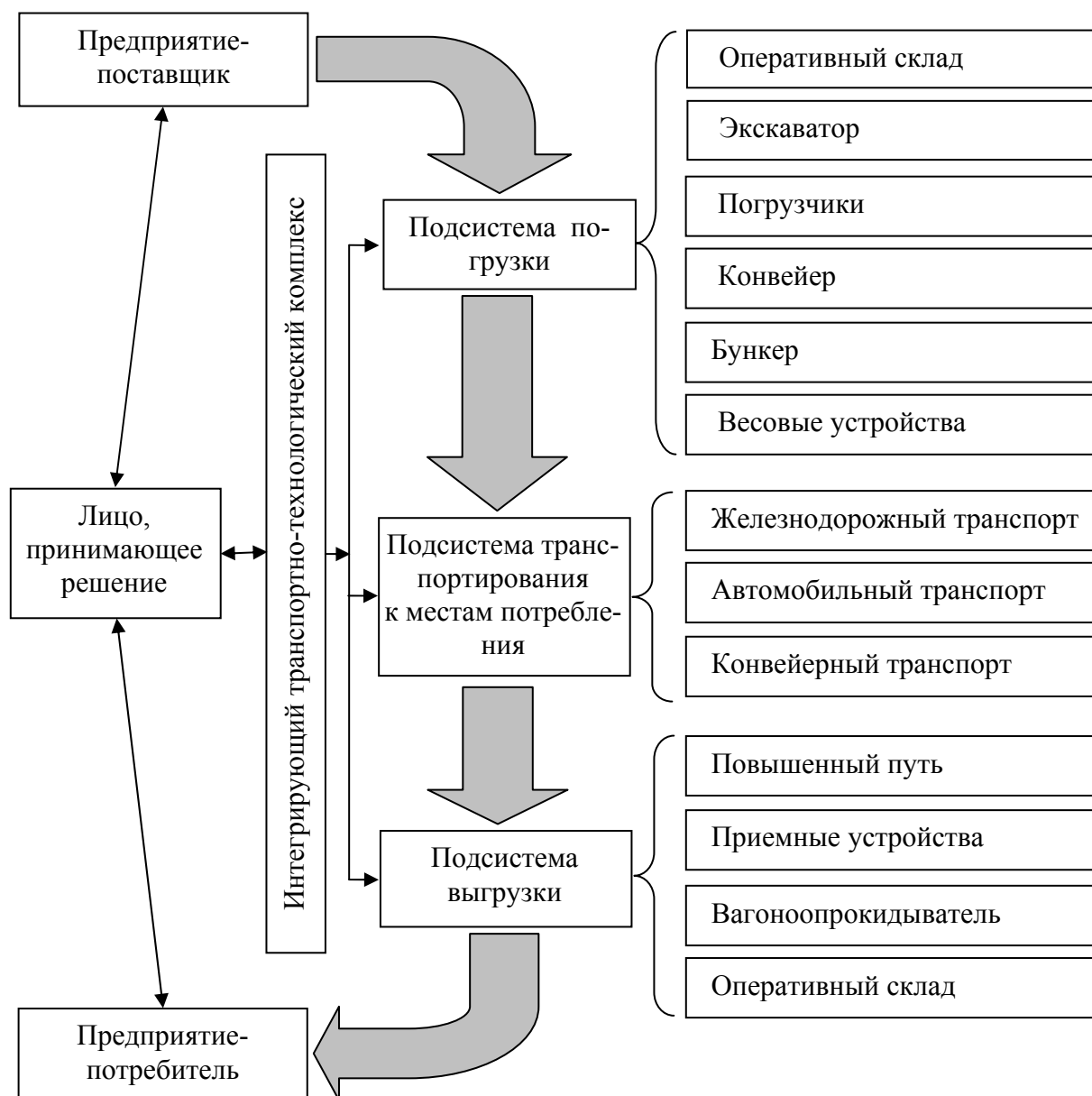


Рис. 1. Модули ИТТК

ИТТК включает в себя следующие основные группы элементов: транспортные средства (вагоны, автомобили) в процессе/ожидании грузовых операций; грузовые фронты со средствами механизации погрузки/выгрузки; средства перегрузки груза от грузового фронта на склад или к местам потребления или с мест грузообразования к грузовому фронту; средства перегрузки груза с основного склада в производство (для выгрузочных фронтов), и с мест грузообразования на основной склад (для погрузочных фронтов); основные склады, включая механизмы перевалки; пути; путевые устройства для железнодорожного транспорта, маневровые площадки и подъездные пути для автомобильного транспорта.

Функциональная схема управления ИТТК приведена на рис. 2.

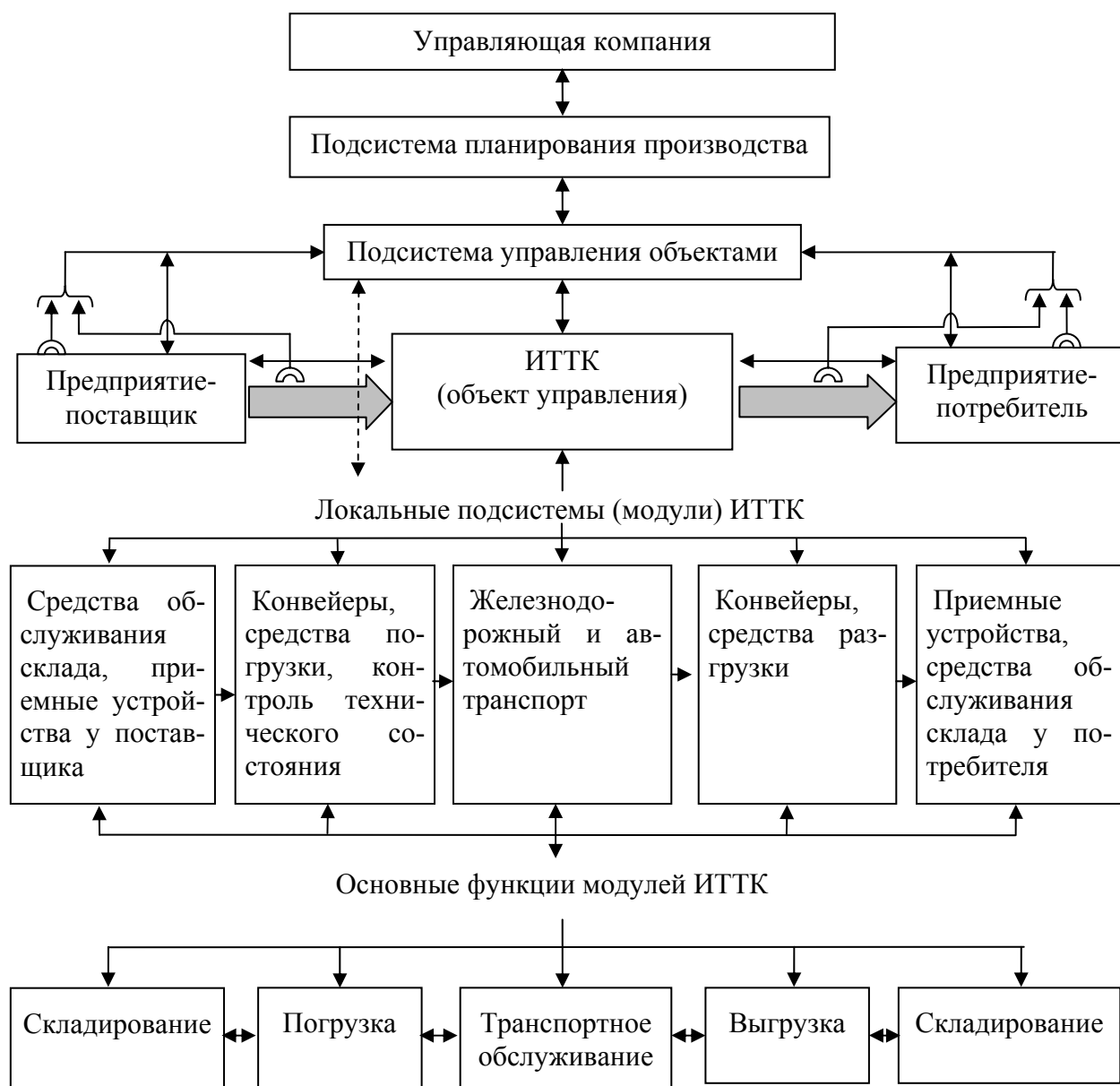


Рис. 2. Функциональная структура системы управления ИТТК

Основные функции системы управления ИТТК: обеспечение рациональной технологии погрузки в транспортный подвижной состав в местах грузообразования; транспортирование груза потребителю оптимальным по экономическим и технологическим критериям для конкретных условий видом транспорта; обеспечение рациональной технологии приема груза у потребителя; складирование груза у поставщика и потребителя, готовой продукции – у производителя (потребителя) в заданном объеме и с сохранением требуемого качества, корректировка технологии ИТТК при возникновении форс-мажорных и внештатных ситуаций, мониторинг грузопроводящей способности ИТТК в условиях неравномерности входящего и выходящего потоков.

Наиболее совершенной формой технологического взаимодействия пунктов погрузки транспорта и пунктов разгрузки в ИТТК считаются единые технологические процессы (ЕТП). ЕТП – это рациональная форма организации работы взаимо-

действующих в системе элементов, обеспечивающая единый ритм обработки транспортных единиц на грузовых фронтах в процессе перевозок и производства обслуживаемых предприятий. В силу объективной особенности транспортного процесса – обеспечение работы на стыках различных видов транспорта, где взаимодействуют многочисленные клиенты, – непрерывный план-график работы транспортного узла остается важнейшим управленческим инструментом эффективного обслуживания предприятий и организаций. Такой график взаимодействия позволит реализовать грузодвиженческий процесс транспортного узла заданной интенсивности при значительном снижении транспортных издержек и сокращении сроков доставки грузов потребителям.

Существующие методические основы формирования и функционирования транспортно-технологических комплексов, интегрирующих процессы и операции погрузки, разгрузки, хранения и транспорта массовых навалочных грузов, не в полной мере изучены и не соответствуют потребностям современной рыночной экономики.

**Во второй главе** на основании структурного и содержательного описания ИТТК разработаны параметрические модели, соответствующие целям формирования и функционирования комплекса. Поведение системы характеризуется: числом и последовательностью технологических операций в системе; структурой системы; техническими параметрами элементов системы как системы материальных объектов.

Основные параметры, характеризующие работу ИТТК:  $Q_{г.}$  и  $Q_{с.}$  – годовой и суточный грузопотоки по прибытии, млн т;  $R_{ij}$  – обобщенная надежность подсистемы;  $t_{м}$  – интервал поступления подвижного состава в систему;  $\lambda_{м}$  – интенсивность поступления вагонов или автомобилей под выгрузку (погрузку);  $P_{зп}$  – вероятность занятости путей и маневровых площадок на фронте выгрузки (аналогичные параметры характеризуют параметры фронтов погрузки);  $t_{о/р}$  – время, необходимое для работы с вагонами или автомобилями до подачи на грузовой фронт;  $P_{опп}$  – вероятность отсутствия подвижного состава для погрузки/разгрузки;  $t_{выг.(пог.)}$  – длительность выгрузки (погрузки) подвижного состава на грузовом фронте;  $P_{згр.}$  – вероятность занятости грузового фронта подвижным составом;  $E_{ос}$  – емкость оперативного склада;  $E_{о}$  – емкость основного склада;  $P_{зс}$  – вероятность того, что склад заполнен;  $\lambda_{ско}$  и  $\lambda_{ск}$  – интенсивность поступления грузов на оперативный и основной склады с производства и грузового фронта;  $M$  – число каналов обслуживания подвижного состава;  $i$  – число технологических операций с грузом и подвижным составом в системе;  $n_o$  и  $n_j$  – число различных типов машин, механизмов и устройств в системе и на каждой технологической операции;  $Z_i$  – часовая техническая производительность машин и механизмов;  $r_{гi}$  – обобщенная надежность машин, механизмов и устройств в системе;  $K_{вр.}$  – режим использования ИТТК по времени.

Параметрическое описание подсистемы по обслуживанию процесса погрузки груза (внешние и внутренние связи ИТТК) представлено на рис. 3.

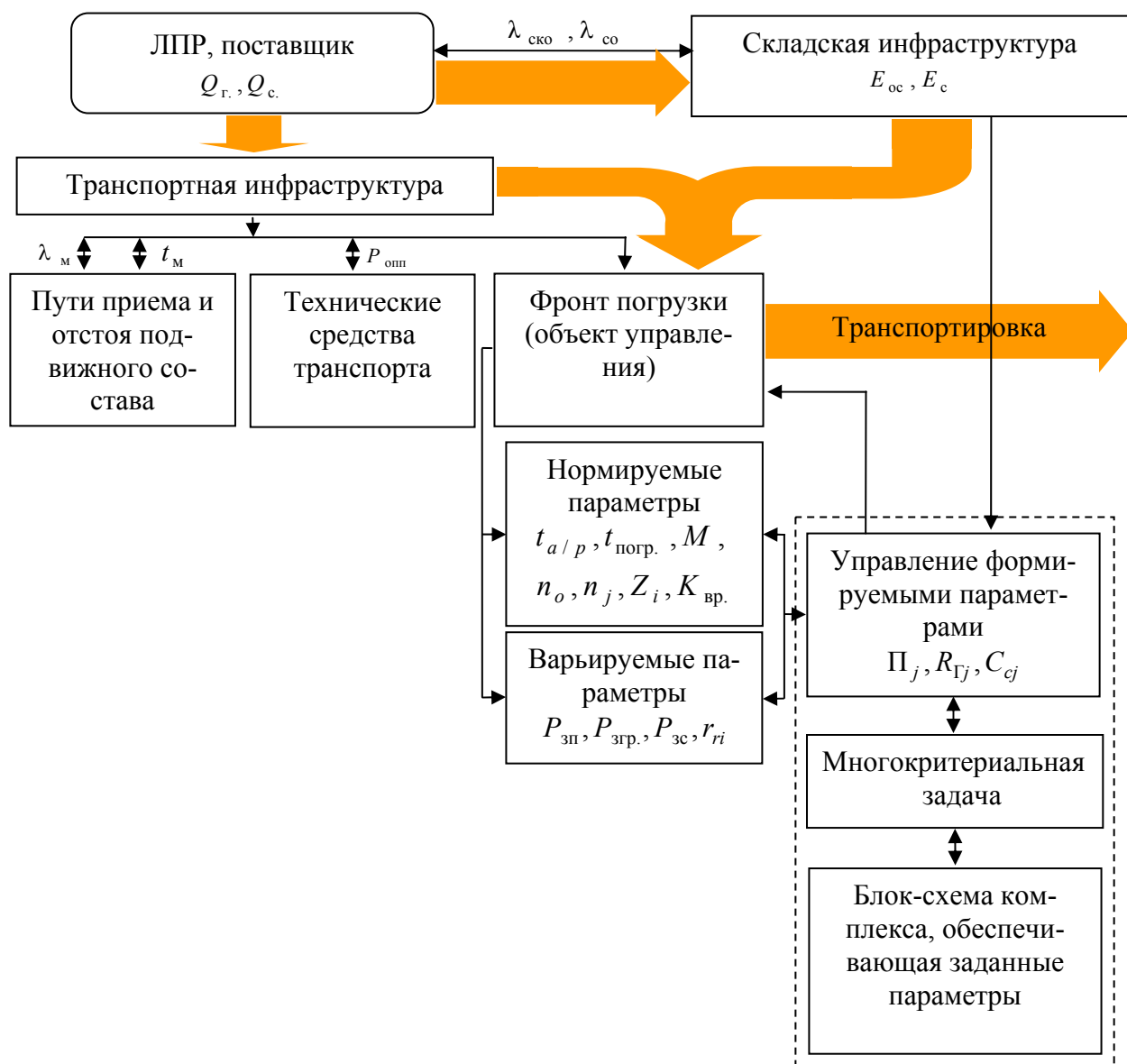


Рис. 3. Структура управления параметрами в подсистеме погрузки

Подсистема по выгрузке груза у потребителя аналогична.

Процессы грузопереработки в ИТТК являются стохастическим как в части поступления (отправления) грузов, так и в части обслуживания вагонов и автомобилей в системе. Поэтому для исследования процессов, протекающих в ИТТК, применимы методы исследования операций, в частности, теории вероятности, математической статистики, массового обслуживания, надежности.

Теория надежности для исследования ИТТК ранее не применялась. При расчете структуры системы комплекса методами теории надежности необходимо принимать во внимание ее особенности и главную из них – техническую автономность устройств, машин и механизмов. Все отказы системы, то есть причины остановки процесса (отказов) «погрузка–транспортирование – выгрузка» могут быть техническими или технологическими.

Технические отказы связаны с потерей работоспособности из-за технических неисправностей отдельных элементов подсистемы. Техническая надежность показывает вероятность заставить элемент в технически исправном состоянии.

Технологические отказы комплекса связаны с выполнением отдельными элементами вспомогательных операций, требующих остановки работы основных механизмов подсистем.

Технологическая надежность как функция частоты и продолжительности технологических отказов количественно характеризует степень совмещения операций между центром и периферией подсистемы при реализации заданного процесса.

Для расчета надежности структура подсистем и всего комплекса представляется как блок-схема, которая показывает взаимосвязь между отдельными устройствами и механизмами системы, выполняющими определенные технологические операции.

Структура комплекса разрабатывается на стадии формализации задачи и должна обладать следующими свойствами: а) независимость результатов решения от конкретного физического истолкования смысла элементов этой модели и б) содержательность.

Важным для теории надежности является случай, когда

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}; \quad f(t) = \lambda e^{-\lambda t}; \quad G(t) = 1 - e^{-\mu t}; \quad q(t) = \mu e^{-\mu t}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказов;  $\mu$  – интенсивность восстановления.

Принимая надежность комплекса

$$R_r(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}, \quad (2)$$

а вероятность

$$P(t + \tau) = e^{-\lambda(t + \tau)} = e^{-\lambda \tau} R_r(t), \quad (3)$$

получаем вероятность безотказной работы на заданном участке  $(t, t + \tau)$ :

$$P(t + \tau) = \left[ \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \right] e^{-\lambda \tau}. \quad (4)$$

Величины  $\lambda$  и  $\mu$  для стационарного процесса при  $t \rightarrow \infty$  вычисляются по формулам

$$\lambda = \frac{1}{T_{\text{ср}}} = \text{const}; \quad \mu = \frac{1}{\tau_{\text{в}}} = \text{const}. \quad (5)$$

Величины  $T_{\text{ср}}$  (математическое ожидание времени безотказной работы элемента) и  $\tau_{\text{в}}$  (время восстановления работоспособности элемента) определяются в результате математической обработки хронометражных наблюдений.

Надежность  $R_{\text{го}}$  последовательных (основных) систем оценивается по зависимости

$$R_{\text{го}} = \prod_{i=1}^n r_{\text{ги}}. \quad (6)$$

При простейшем потоке отказов

$$R_{\text{го}} = e^{-(\lambda_{m1} + \lambda_{c1})t} e^{-(\lambda_{m2} + \lambda_{c2})t} \dots e^{-(\lambda_{mn} + \lambda_{cn})t} = \exp \left[ -t \left( \sum_{i=1}^n \lambda_{\text{ги}} + \sum_{i=1}^n \lambda_{\text{ци}} \right) \right]. \quad (7)$$

Надежность  $R_{\text{гр}}$  резервированных подсистем зависит от количества резервирующих элементов (при  $r_{\text{ци}} < 1$ )

$$R_{\text{гр}} = \left[ 1 - \prod_{i=1}^{m+1} (1 - e^{-\lambda_{\text{ми}} t}) \right] \min[1, (m+1)e^{-\lambda_{\text{ци}} t}]. \quad (8)$$

Общей формулы для расчета показателей надежности комбинированной структуры нет, так как конфигурация структур модулей может быть самой разнообразной. Однако ИТТК с комбинированными структурами могут быть приведены к основным после первого этапа деления на простые (основные и резервированные) подсистемы. Для таких случаев удастся представить все показатели надежности в формализованном виде.

Коэффициент надежности комбинированного модуля  $R_{\text{гк}}$  предлагается вычислять по зависимости

$$R_{\text{гк}} = \prod_{i=1}^{n_1} (r_{\text{ги}} r_{\text{ци}}) \prod_{i=1}^{n_2} \left\{ 1 - (1 - r_{\text{ги}})^2 \right\} \min(1, 2r_{\text{ци}}) \dots \prod_{i=1}^{n_{m+1}} \left\{ 1 - (1 - r_{\text{ги}})^{m+1} \right\} \min[1, (m+1)r_{\text{ци}}] \quad (9)$$

При объединении технологических операций в одном комплексе определяется грузопроводящая способность, выраженная в тонно-операциях в час (вагоно-, автомобиле- операций/ч). Грузопроводящая способность при различных вариантах технологии переработки подвижного состава в комплексе служит показателем целесообразности такого объединения.

Грузопроводящая способность  $\Pi_{\text{гж}}$  зависит от максимальной производительности и количества операций  $M$ , выполняемых в комплексе с грузом и подвижным составом:

$$\Pi_{\text{гж}} = \frac{h \lambda_n M}{\sum_{(i)} t_i + t_{\text{гр}}}, \quad (10)$$

где  $h$  – количество единиц подвижного состава на грузовом фронте;  $\lambda_n$  – интенсивность поступления подвижного состава на грузовой фронт;  $M$  – количество технологических операций в подсистеме;  $\sum_{(i)} t_i$  – сумма времени, затраченная на вспомогательные операции технологического процесса;  $t_{\text{гр}}$  – время, затраченное на грузовые операции, для многоканальных полнодоступных подсистем в среднем

$$t_{\text{гр}} = \frac{h \lambda}{x Z R_{\text{г}} K_{\text{в}}}, \quad (11)$$

где  $X$  – количество погрузочно-разгрузочных механизмов в подсистеме;  $R_r$  – обобщенная надежность ИТТК.

**В третьей главе** приводятся результаты исследования надежности подсистем погрузки и разгрузки на крупных горно-обогатительных комплексах (Коршуновском и Соколовско-Сарбайском), централизованных обогатительных фабриках («Сибирь», Беловская, Осинниковская), тепловых электростанциях (Томусинская, Беловская, Назаровская, Новосибирская и др.).

Исследованы комплексы погрузки угля (с бункерной, полубункерной, безбункерной, экскаваторной и грейферной погрузкой; выгрузки угля – с различными видами вагоноопрокидывателей; с эстакадой с емкостными и безъемкостными приемными устройствами; с повышенным путем. Объем исходной информации, необходимой для получения моделей взаимодействия между элементами, рассчитывался по методикам планирования эксперимента. Варианты структур комплекса вагоноопрокидывателя представлены на рис. 4, а в таблице 1 представлена зависимость производительности комплекса вагоноопрокидывателя от развития его периферии (номера блок-схем в таблице и на рисунке совпадают).

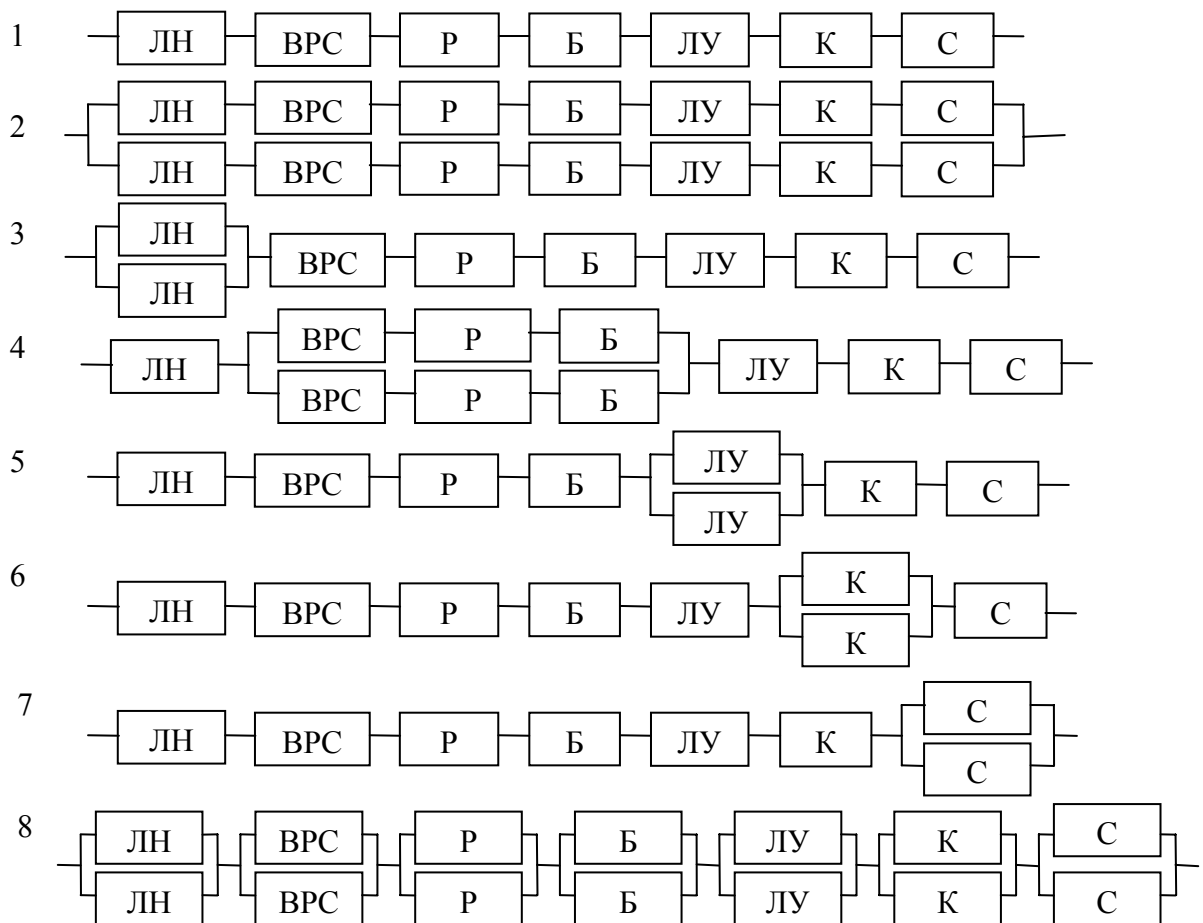


Рис. 4. Возможные варианты структур подсистемы разгрузки с ВРС

ЛН – линия надвига; ВРС – вагоноопрокидыватель роторный стационарный; Р – грузоприемная решетка; Б – приемный бункер; ЛУ – линия уборки порожних вагонов; К – конвейер; С – склад

Таблица 1

Показатели надежности и часовой производительности вагоноопрокидывателя

Блок-схема		Надежность			$Q_{гj}$ , ваг./ч
		$R_{гj}$	$R_{сj}$	$R_{гj}$	
1	Основная блок-схема	0,894	0,713	0,637	17,20
2	Системное резервирование	0,868	1,000	0,868	23,44
3	Резервирована только ЛН	0,931	0,843	0,785	21,19
4	Резервирована группа (ВРС – Р – Б )	1,000	0,699	0,699	18,87
5	Резервирована только ЛУ	1,000	0,651	0,651	17,58
6	Резервирован только К	0,698	1,000	0,698	18,85
7	Резервирован только С	1,000	0,656	0,656	17,71
8	Полное поэлементное резервирование элементов подсистемы	1,000	0,995	0,995	26,86

Плотность распределения времени безотказной работы представлена на рис.5, а времени восстановления работоспособности комплекса вагоноопрокидывателя показаны на рис. 6.

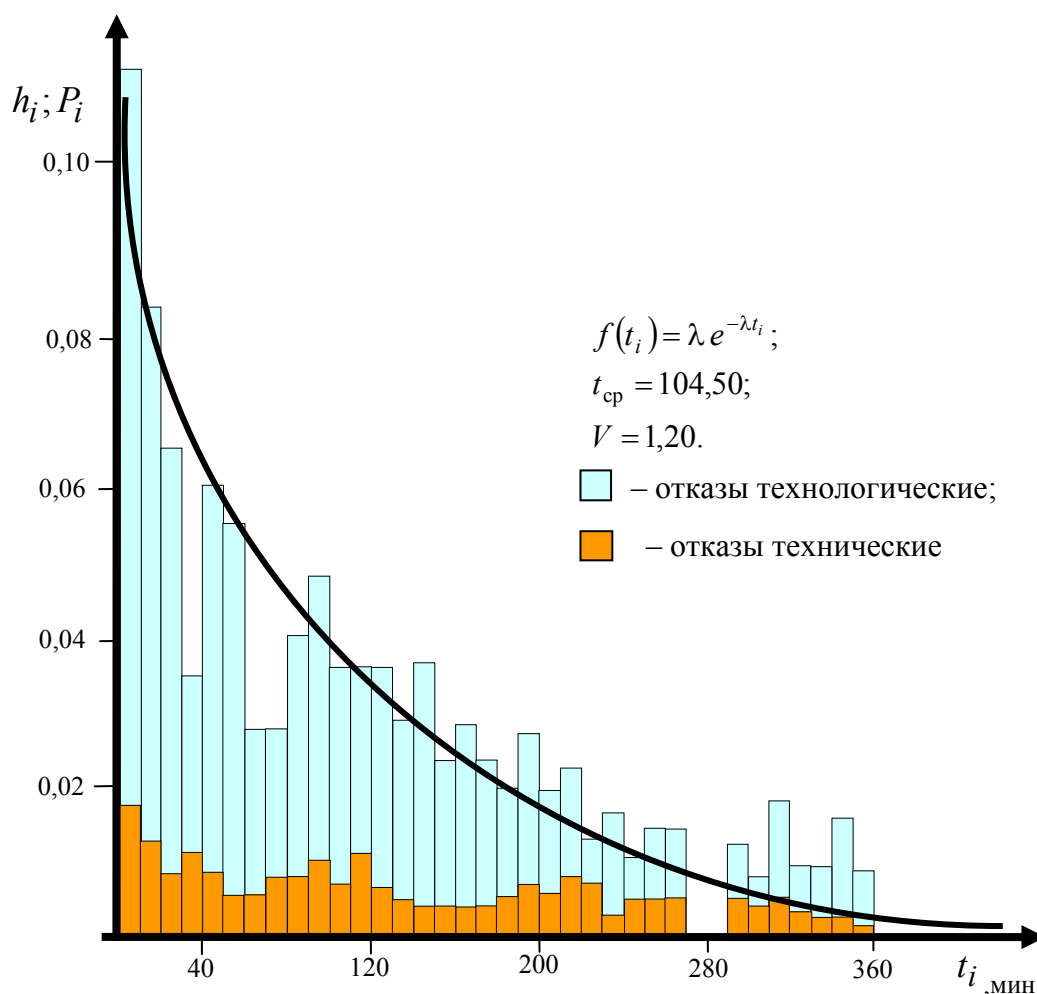


Рис. 5. Плотность распределения времени безотказной работы ВРС

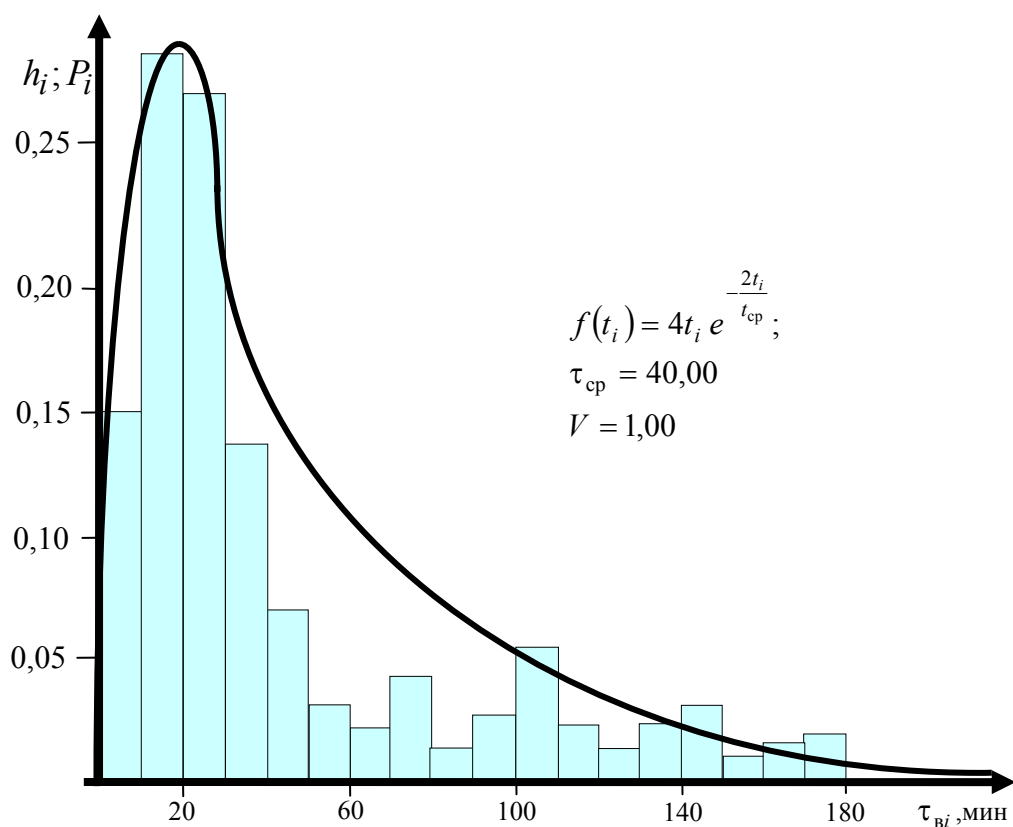


Рис. 6. Время восстановления работоспособности ВРС

Как видно на рис. 5 и 6, работа грузовых комплексов угля по характеру взаимодействия между элементами и всей подсистемы подчиняются экспоненциальному закону по наработке и восстановлению; результаты таблицы 1 дают представление о влиянии структуры подсистемы вагоноопрокидывателя на его производительность.

Выбор экономически целесообразного вида транспорта в ИТТК рассмотрен на полигоне ОАО «ОУК Южкузбассуголь».

Полигон обслуживания представлен автомобильными и железными дорогами. Железные дороги имеют различную подчиненность. Шахты и обогатительные фабрики соединены со станциями ОАО «РЖД» подъездными путями, принадлежащими Погрузочно-транспортному управлению. Железнодорожное сообщение между станциями осуществляется по путям ОАО «РЖД».

Автомобильное сообщение осуществляется по дорогам общего пользования и технологическим дорогам.

Основные поставщики коксующегося угля и внутриобластные потребители представлены в таблице 2. Изначально все перевозки внутри области осуществлялись железнодорожным транспортом (вариант 1). В связи с организацией ИТТК были рассмотрены еще два варианта: 2 – перевод всех потоков угля от мест добычи до обогатительных фабрик с использованием только автомобильного транспорта и 3 – комбинированный вариант.

Таблица 2

Основные поставщики и потребители коксующегося угля и  
годовые объемы перевозок,  $Q$

Поставщик (шахта)	$Q$ , тыс. т/год	Потребитель	$Q$ , тыс.т/год
Зыряновская	1 228	АП «Сибкон»	1 852
Абашевская	1 518	ЦОФ «Абашевская»	2 348
Новокузнецкая	932	ЦОФ «Кузнецкая»	2 443
Юбилейная	1 639	Осинники	124
Есаульская	1 518	Кузнецкая ТЭЦ	166
Томская	720	ЦОФ «Беловская»	87
Шушталепская	37	Шахта «Димитрова»	0,479
Капитальная	1 106	Южно-Кузбасская ГРЭС	37
Кузнецкая	2 943	Западно-Сибирская ТЭЦ	42
Абашевская	1 652	Западно-Сибирский металлургический комбинат	1 268
		Томусинская ГРЭС	18
		ЦОФ «Кузбасская»	9
		Кемерово	219
		Новокузнецк	467
		Мыски	26
		Кузнецкий металлургический комбинат	181

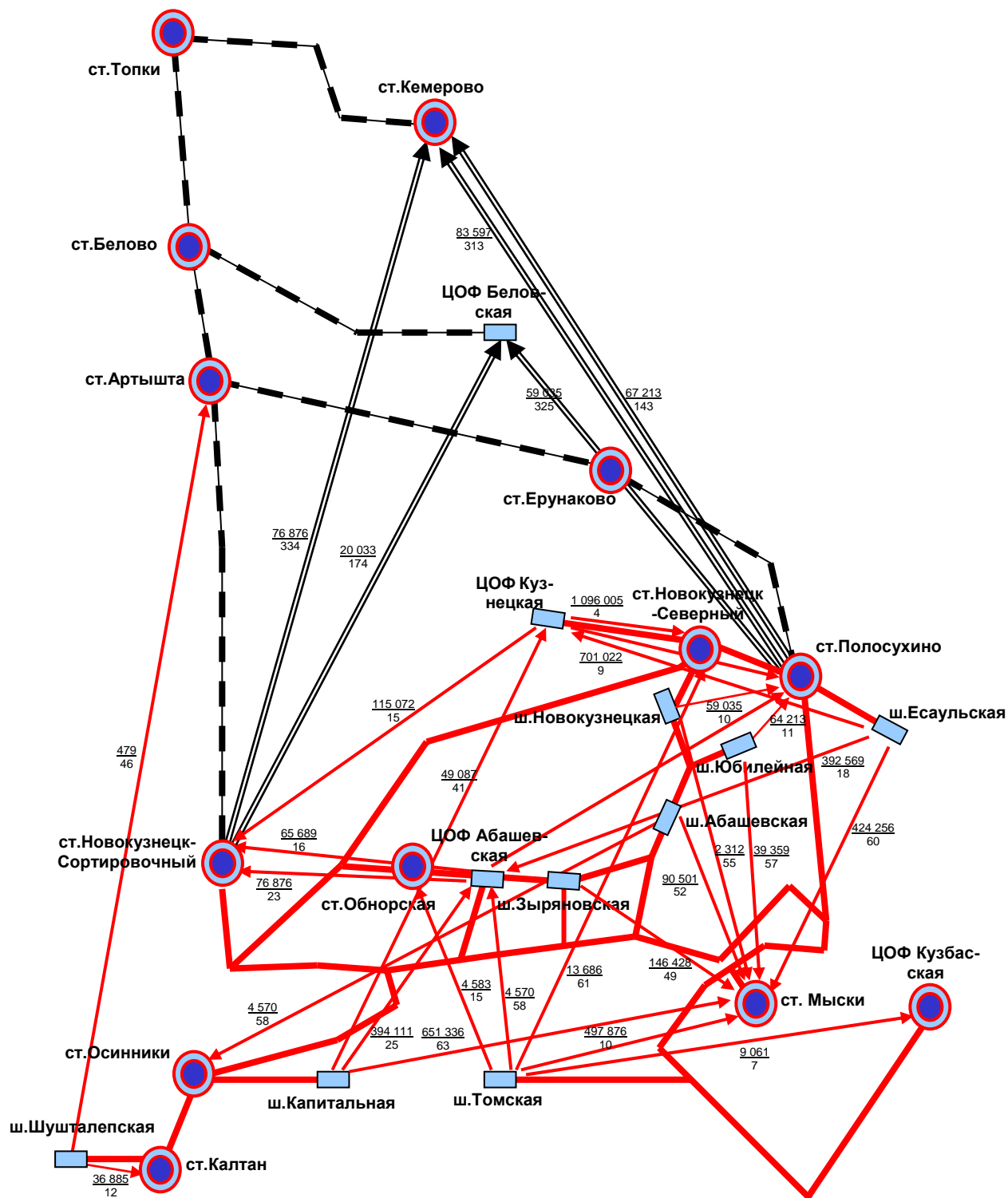
В таблице 3 сравниваются рассмотренные варианты по стоимости освоения перевозок на данном полигоне.

Таблица 3

Сводная таблица стоимости освоения перевозок по полигону

Показатель	Затраты, тыс. руб. в год		
	вариант 1	вариант 2	вариант 3
Переменные затраты на автотранспорт	–	45 214,199	35 541,544
Постоянные затраты на автотранспорт	–	28 347,840	21 955,680
Условно-постоянные расходы на авто-транспорт	–	4 549,223	3 558,304
Начисление на социальное страхование	–	245,658	192,148
Итого по автотранспорту	–	78 356,920	61 247,676
Стоимость перевозок по ж.-д. транспорту	201 130	-	10 350,000
Суммарные затраты по освоению перевозок	201 130	78 356,920	71 597,676

Схема перевозок угля на полигоне обслуживания представлена на рис. 7.



Условные обозначения:

- ==> — перевозка угля железнодорожным транспортом;
- > — перевозка угля автомобильным транспортом

Рис. 7. Схема транспортных перевозок по комбинированному варианту

Как показывают результаты исследования, комбинированная схема освоения перевозок позволила значительно снизить транспортные издержки по перевозке

угля между угледобывающими предприятиями и его потребителями. Экономия – до 130 млн руб. в год.

По исследованиям, представленным в третьей главе, можно сделать следующие выводы: 1) комплекс в целом и отдельные подсистемы имеют различную структуру, определяющую их перерабатывающую способность; 2) изменяя структуру подсистем, можно управлять ее параметрами, достигая требуемого уровня показателей надежности и производительности, то есть структуру подсистем можно синтезировать с заранее и с заданными свойствами; 3) при наличии на полигоне обслуживания нескольких видов транспорта транспортный блок ИТТК должен быть оптимизирован.

**В четвертой главе** поставлена многокритериальная задача оптимизации структуры ИТТК по подсистемам погрузки и разгрузки (таблица 4).

Таблица 4

Варианты схем оптимизации систем по структуре

Расчетная схема	Исходные данные	Функция цели и ограничения
1	Основная блок-схема системы, $r_{ti}, r_{ci},$ $C_i, \lambda_n,$ $h_o, C_{mp},$ $Z$	$n_p \rightarrow \min$ при $R_{rj} \geq [R_r]$
2		$C_{cj} \rightarrow \min$ при $R_{rj} \geq [R_r]$
3		$R_{rj} \rightarrow \max$ при $C_{cj} \leq [C_o]$
4		$R_{rj} \rightarrow \max$ при $(C_{cj} + C_{mpj}) \leq [S]$
5		$F = \frac{C_{cj} + C_{mpj}}{Q_{Tj}} \rightarrow \min$

Показатели работы подсистем вводятся в решение как функции цели или функции ограничений. В таблице 4 характеристики структуры:  $n_p$  – количество элементов;  $C_{cj}$  – стоимость формирования и эксплуатации;  $R_{rj}$  – надежность;  $C_{mpj}$  – стоимость простоя подвижного состава в комплексе;  $F$  – удельные затраты в формирование и эксплуатацию комплекса с учетом затрат на простой подвижного состава, отнесенные к производительности комплекса. В зависимости от сложившейся ситуации оператор (лицо, принимающее решение; ЛПР) задействует один из вариантов оптимизации.

Общий вид целевой функции для оптимизации параметров ИТТК

$$C_{cj} = F \left[ \sum_i (\Theta_{п}, \Theta_{в}, \Theta_{ск}, \Theta_{пер.}, \Theta_{по}, \Theta_{пс}) + E_n \sum_i (K_n, K_{в}, K_{ск}, K_{пер.}, K_{по}, K_{пс}) \right] \rightarrow \min, \quad (12)$$

где  $\Theta_{п}, \Theta_{в}$  – составляющие функции, связанные с эксплуатацией погрузочных и выгрузочных механизмов и устройств;  $\Theta_{ск}$  – составляющие функции, связанные с эксплуатацией складов и средств перегрузки со склада в производство и из производства на склад готовой продукции;  $\Theta_{пер.}$  – составляющие функции, связанные с

эксплуатацией механизмов и устройств перегрузки от грузового фронта до склада (для выгрузочных фронтов) и от склада готовой продукции к грузовому фронту (для погрузочных фронтов);  $\mathcal{E}_{\text{по}}$  – составляющие функции, связанные с эксплуатацией путей приема и отправления при железнодорожных перевозках и подъездных путей и маневровых площадок при автомобильных перевозках и другого необходимого путевого развития, связанного с грузо-, вагоно- и автомобиле- переработкой грузов в ИТТК;  $\mathcal{E}_{\text{пс}}$  – составляющие функции, связанные с эксплуатацией автомобилей, локомотивов и маневровых средств в ИТТК;  $K_{\text{п}}, K_{\text{в}}, K_{\text{ск}}, K_{\text{пер.}}, K_{\text{по}}, K_{\text{пс}}$  – составляющие функции, связанные с капитальными затратами.

По всем предложенным вариантам разработаны подробные вычислительные схемы. Блок-схема формирования структуры подсистемы ИТТК по пятому варианту – минимизация удельных приведенных затрат – представлена на рис. 8.

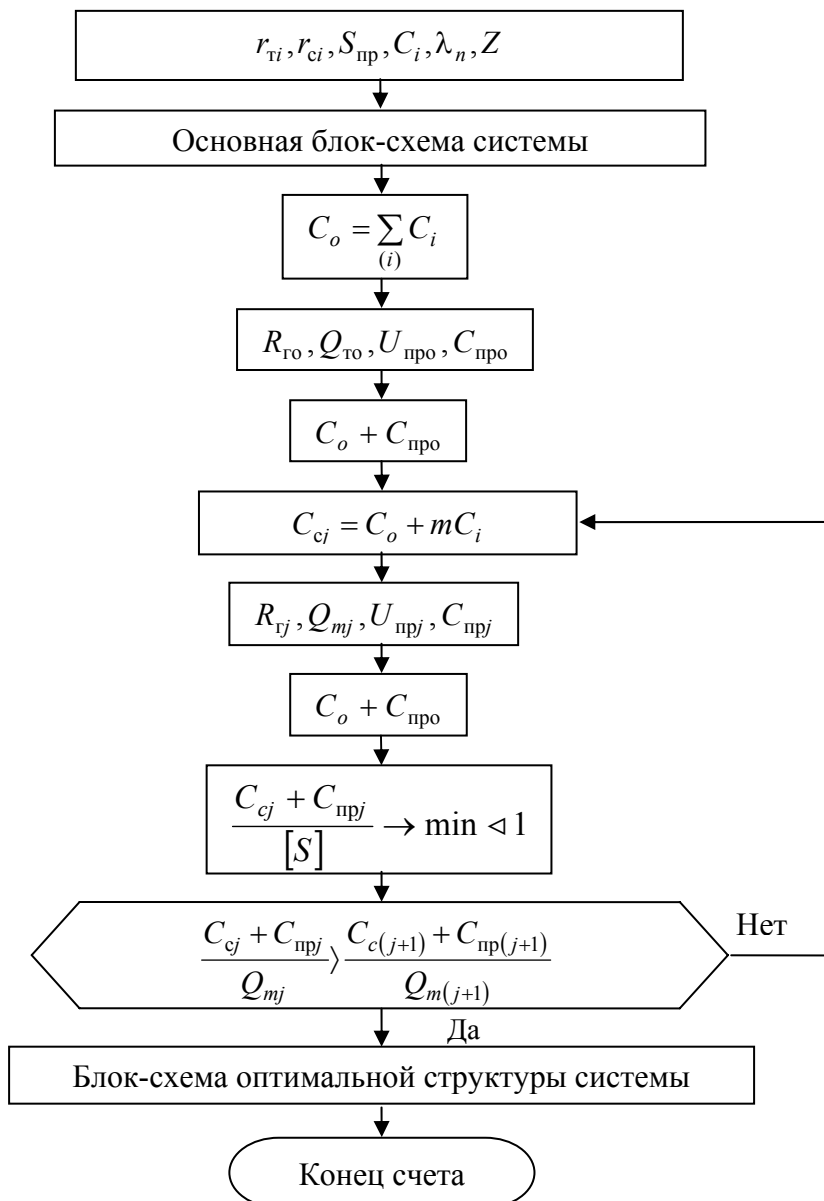


Рис. 8. Алгоритм расчета оптимальной структуры подсистемы по минимальным удельным приведенным затратам с учетом затрат на простой подвижного состава

Для оптимизации структур подсистем ИТТК принят метод динамического программирования с вложенными циклами и итеративным поиском экстремума внутри цикла, учитывающий многомерность задачи оптимизации структуры комплекса и динамичность взаимодействия и взаимозависимости между элементами системы.

### **Заключение**

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы и рекомендации.

1. Выполнен анализ работы транспортно-технологических комплексов, в результате чего предложена концептуальная модель ИТТК как системы включающей совокупность машин, механизмов и устройств по обслуживанию технологического процесса грузопереработки в транспортном узле.

2. Разработана методика экспериментального исследования ИТТК и определения его параметров, суть, которой состоит в переходе от фрагментарного планирования работы отдельных механизмов и устройств к интегрирующей системе взаимодействующих элементов и обеспечении непрерывного процесса грузодвижения между корреспондирующими пунктами.

3. Количественные и качественные характеристики взаимодействия между элементами получены в результате анализа статистических данных об эксплуатации отдельных элементов и комплекса в целом. Как показали исследования, наиболее распространенными законами распределения отказов и времени восстановления элементов и комплекса являются экспоненциальный, гиперэкспоненциальный, эрланговский, реже другие.

4. Установлено, что в ИТТК существуют качественно различные типы отказов: технические и технологические; как показали экспериментальные исследования, технические отказы вызывают от 4 до 18 % потерь рабочего времени комплекса; технологические – от 3 до 72 % в зависимости от рациональности структуры комплекса. Поэтому наряду с техническим совершенствованием погрузочно-разгрузочной техники, необходимо развивать инфраструктуру комплекса до уровня, определенного требуемой перерабатывающей способности.

5. Выявленные модели отказов и восстановления комплексов позволяют определить диапазон изменения перерабатывающей способности в зависимости от развития их инфраструктуры. Анализ работы комплексов показал, что перерабатывающая способность комплекса может быть увеличена от 20 до 60 % за счет введения в комплекс вспомогательных элементов, не требующих больших капитальных вложений.

6. По моделям взаимодействия между элементами комплекса разработаны методы синтеза структур ИТТК.

7. Для решения задачи синтеза структуры ИТТК предложены и обоснованы пять схем оптимизации, в которых выходные параметры вводятся как факторы ограничения или функции цели при оптимизации структур. По каждой из этих схем разработаны подробные вычислительные методы с применением принципов динамического программирования по многокритериальной задаче.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

1. Воскресенский, И. В. Проверка надежности ИТТМ [Текст] // Мир транспорта. – М., 2009. № 2. – С. 104–111.

2. Воскресенский, И. В. Надежность систем и комплексов по обслуживанию общетранспортных узлов [Текст]// Транспорт Урала. № 3(22)/ 2009. – С. 7–11

3. Воскресенский, И. В. Анализ работы погрузочных и разгрузочных комплексов в горной промышленности [Текст] // Горный информационно-аналитический бюллетень, №7, 2007. – М.: Изд-во МГГУ. – С. 173–179.

4. Воскресенский, И. В. Оптимизация структуры погрузочных и разгрузочных комплексов в горнодобывающей промышленности [Текст] // Горный информационно-аналитический бюллетень, №7, 2007. – М.: Изд-во МГГУ. – С. 179–186.

5. Воскресенский, И. В. Исследование интегрированных транспортно-технологических модулей в горнодобывающей промышленности [Текст] // Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – 66 с.

6. Воскресенский, И. В. Концепция политранспортного обслуживания угледобывающего полигона [Текст] / Т.П. Воскресенская // М-лы VI Всероссийской научно-технической конференции «Политранспортные системы». – Новосибирск: СГУПС, 2009. С. 179–188.

7. Синтез и оптимизация организационно-технических структур интегрированных транспортно-технологических модулей (Постановка задачи) [Текст] // Спецвыпуск «Перспективы и направления развития транспортной системы». – Самарский научный центр РАН, 2007. – С. 23–26.

8. Воскресенский, И. В. К вопросу создания регионального логистического центра угольной промышленности [Текст] / Т.П. Воскресенская, И.В. Воскресенский, Б.Н. Медведев // Сб. «Финансово-экономическая самодостаточность регионов»: Матер. межрегион. научн.-практ. конф. – Кемерово, 2003. – С. 183–186.

**Воскресенский Игорь Владимирович**

Формирование интегрирующих транспортно-технологических комплексов  
и оптимизация их структур

Специальность 05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы  
страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 17.10.09 г.  
Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 1,28. Уч. изд. л. 1,43. Тираж 120 экз. Заказ 761.

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»  
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42  
Типография ГОУ ВПО «СибГИУ»