

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**Кудайберген Канат Жакыпулы**

**Разработка механизма ситуационного управления цепочками поставок в  
транспортно-логистической системе промышленного холдинга**

**Специальность**

2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

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

Москва - 2022

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Организация эффективных систем обеспечения крупных промышленных компаний требует централизации функции поставок в рамках внутрихолдинговых логистических операторов. Осуществление данного подхода в планировании и управлении целевыми схемами поставок предусматривает получение принципиально нового инструмента, который базируется на многофакторном анализе всех стадий цепочки поставок и оперативном контроле отклонений параметров схемы поставок, предусматривающим ее завершение в нужном месте и в обозначенные сроки. При этом, необходима реализация принципа объективного распределения финансовой ответственности за изменение соответствующих параметров поставки между всеми участниками транспортно-логистического процесса (поставщик, заказчик, логистические операторы).

Актуальность исследования обусловлена низкой эффективностью существующих логистических систем промышленных предприятий и ограниченным набором методов управления операционной логистической деятельностью. Работа затрагивает главные аспекты деятельности логистических подразделений в компании, связанные с управленческой, мотивационной, операционной, процессной и информационной функциями. В их основу положены методы поиска оптимального баланса логистических затрат, сервиса и рисков зависимости от сторонних логистических операторов, а также набор инструментов по снижению доли логистических затрат в себестоимости готовой продукции промышленных холдингов.

Несмотря на то, что процесс поставок ключевым образом влияет на эффективность деятельности промышленного предприятия, он, зачастую, не обладает нужным инструментарием и внедренными инновациями, позволяющими повысить качество и экономичность производственного процесса.

На сегодняшний день именно система обеспечения промышленных предприятий чаще всего является узким местом, сдерживающим эффективность всего предприятия в целом, т.к. влияет и на стоимость, и на сроки исполнения

заказов клиентов, и на экономическую эффективность всего предприятия. В работе предлагается возможный вариант повышения эффективности системы обеспечения производственного предприятия за счет внедрения эффективной модели управления закупками и поставками внутрихолдингового оператора.

В этой связи, повышение эффективности производственной и сбытовой деятельности производственного предприятия на основе оптимизации процесса исполнения целевых схем поставок и совершенствования управления транспортно-логистической системой является актуальной научной и практической задачей.

**Целью работы** является повышение эффективности транспортно-логистических процессов на основе определения индивидуальной ответственности и оперативного контроля временных и стоимостных показателей основных операторов в системе управления цепочками поставок промышленного холдинга.

**Идея работы** заключается в определении уровня справедливой цены на базе технологий индустрии 4.0 в процессе управления целевыми схемами поставок в транспортно-логистической системе промышленного холдинга.

**Новизна научных исследований** заключается в следующем:

- реализованы процедуры ситуационного моделирования временных и стоимостных показателей основных операторов транспортно-логистической системы промышленного холдинга на основе разработанной логико-временной схемы варьирования показателей отклонений в системах управления цепочками поставок по критериям «total cost»;

- установлены взаимосвязи комплекса стоимостных характеристик поставки, надежности ее исполнения и уровня рыночных цен на перевозку груза, позволяющие на стадии оперативного контроля поставок в автоматическом режиме получать данные о ее текущем состоянии, а также выявлять причины и ответственных за возможные сбои и отклонения относительно плановых заданий основных транспортно-логистических показателей на базе использования механизма «IoT 4.0»;

– осуществлено сценарное воспроизводство множества возможных ситуаций, возникающих в транспортных узлах с соответствующим обоснованием режимов, условий функционирования и контроля статуса поставки, позволяющее определить уровень индивидуальной ответственности всех участников транспортно-логистического процесса и обосновать систему бонусов и штрафов за потенциальное ускорение и возможные срывы сроков поставки;

– обеспечена корректность анализа и обработки ретроспективной транспортно-логистической информации, а также произведена своевременная регистрация исполнения запланированных обязательств всеми участниками цепочки поставок в рамках сформированных смарт-контрактов на основе использования технологии «блокчейн».

#### **Задачи:**

1. Теоретико-информационный анализ эффективности создания рыночного 4PL-оператора на базе транспортно-логистического подразделения промышленного холдинга.

2. Разработка модели управления целевыми схемами цепочки поставок в промышленных холдингах.

3. Разработка ситуационной модели справедливой цены и механизма ситуационного управления цепочками поставок в транспортно-логистической системе промышленного холдинга.

4. Разработка проблемно-ориентированной системы оптимизации функций управления погрузочно-разгрузочными операциями в транспортных узлах цепочки поставок.

5. Структурно-параметрический синтез многоуровневой логистической системы совершенствования управления транспортными операциями.

**Методы исследования** включают системный, факторный и статистический анализ транспортно-логистических данных крупного промышленного холдинга, теорию принятия решений, математическое моделирование показателей цепочки поставок, теорию вероятностей, теоретико-информационный анализ транспортно-логистической деятельности промышленного холдинга.

### **Научные положения:**

1. Разработанная модель управления целевыми схемами цепочки поставок в транспортно-логистических системах промышленных холдингов, базирующаяся на технологии индустрии 4.0, позволяет осуществить фиксацию комплекса основных параметров коммуникативных связей в группе логистических операторов (сроки, состав, стоимость), информационно-логическое управление системными отклонениями, а также поиск оптимального баланса логистических затрат.

2. Выявленные взаимосвязи комплекса стоимостных показателей поставки, надежности ее исполнения и уровня рыночных цен на перевозку груза позволяют разработать логико-временную схему варьирования показателей отклонений и осуществить процедуру ситуационного моделирования цепочки поставок, обеспечивающую в режиме реального времени воспроизведение закономерностей изменения пространственно-временных и стоимостных параметров в системе межузловых переходов целевых схем поставок.

3. Разработанный механизм ситуационного управления цепочками поставок в транспортно-логистической системе промышленного холдинга позволяет осуществить воспроизводство режимов, условий функционирования и контроля статуса поставки в транспортно-логистической системе, определить уровень индивидуальной ответственности всех участников транспортно-логистического процесса, реализовать процедуру сценарного моделирования множества возможных ситуаций, возникающих в транспортных узлах и обосновать систему бонусов и штрафов за потенциальное ускорение и возможные срывы сроков.

**Обоснованность и достоверность результатов исследования** обеспечивается: репрезентативностью исходных статистических выборок транспортно-логистических данных о цепочках поставок в крупных промышленных холдингах; корректным использованием в обработке информации о цепочках поставок методов математической статистики и теории принятия решений; использованием современного программного обеспечения.

**Научная и практическая значимость** заключается в разработке инструментария эффективного планирования и управления цепочками поставок, позволяющего реализовать процедуру генерации оптимальных целевых схем поставок для определения вероятности их реализации в требуемые сроки и с действенным распределением финансовой ответственности за изменение параметров поставки между основными операторами-участниками. Предлагаемое использование смарт-контрактов на базе технологии «блокчейн» для определения текущего статуса поставки способно существенно сократить возможности «непрозрачных» транспортно-логистических схем, повысить показатели качества поставок, а также снизить их стоимость. Практическая реализация разработанных моделей планирования и управления целевыми схемами поставок и определения справедливой цены в цепочках поставок позволят сформировать оптимальные решения в виде системы временных и стоимостных параметров (бонусов и штрафов) для всех операторов-участников транспортно-логистического процесса.

**Реализация выводов и рекомендаций работы.** Основные положения диссертации использованы в ТОО «Торгово-транспортная компания», входящей в структуру АО «Национальная атомная компания «Казатомпром» (Республика Казахстан) при создании модели планирования, управления и выбора оптимальных целевых схем цепочки поставок и в Акционерном обществе «Самрук-Энерго» (Республика Казахстан) при формировании модели определения справедливой цены в многоуровневой логистической системе управления транспортными операциями, что подтверждается соответствующими актами внедрения.

**Апробация работы.** Результаты работы докладывались и обсуждались на Международных научных симпозиумах - «Неделя горняка» (2020-2022 гг.).

**Публикации.** Материалы диссертации опубликованы в 4 научных работах, в том числе в 3-х изданиях, рекомендованных ВАК РФ и одна работа из перечня изданий, индексируемых в международной цитатно-аналитической базе Scopus.

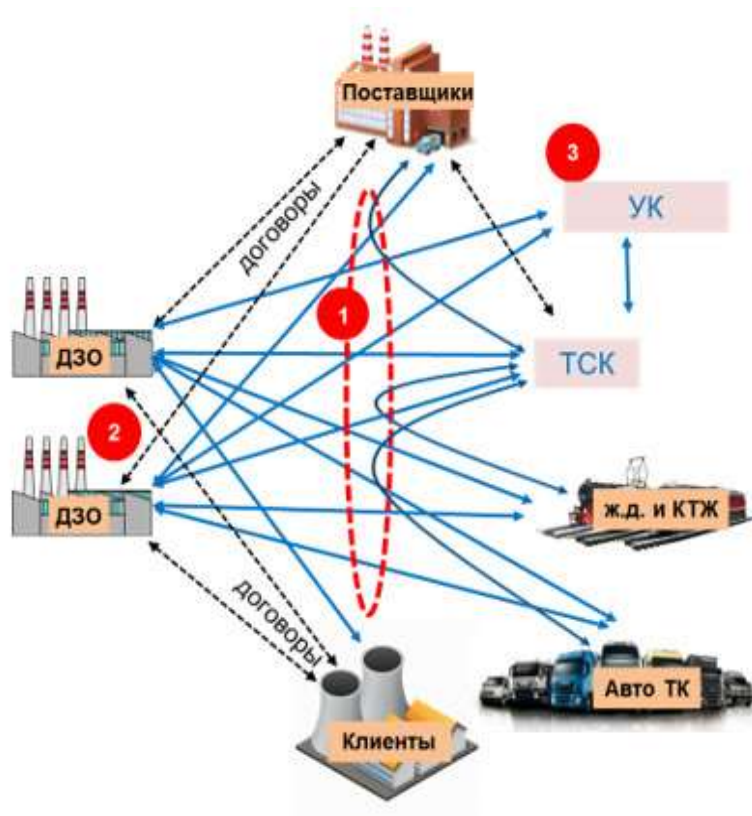
**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка из 171 наименований и представлена на 175 страницах, включая 66 рисунков, 11 таблиц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Анализ существующих проблем транспортно-логистических процессов и определение их непосредственного влияния на производственные технико-экономические показатели промышленных предприятий позволил выявить ряд базовых причин низкой эффективности цепочек поставок, связанных с оперативным планированием сроков и стоимости поставок. В этой связи в работе предложен целостный системный подход, нацеленный на разработку альтернативных вариантов трансформации логистической системы промышленных предприятий и достижение баланса интересов собственников промышленных холдингов, которые стараются совмещать экономические выгоды с ростом капитализации компании и ее устойчивости на рынке. Необходимым начальным условием для предлагаемых преобразований послужили факторы конкурентоспособности компании: наличие производственной базы непосредственно в регионах, где происходит развитие добывающих предприятий; кадровый потенциал на уровне, соответствующем требованиям настоящего времени; качество предоставляемых услуг; имидж предприятия. Наряду с этим, в компании имелись и слабые стороны, отрицательно влияющие на преобразования, а именно: крайне неудовлетворительное состояние автомобильных дорог; недостаточная мощность складских хозяйств, связанная с высокими темпами строительства и ввода в эксплуатацию новых добычных предприятий, а также ростом объемов производства существующих добычных предприятий; сложно прогнозируемый рост цен на основные материалы, ГСМ, запасные части и, как следствие, возможное увеличение себестоимости; слабая подготовка молодых специалистов; низкий, по сравнению с добычными предприятиями, находящимися и строящимися в регионе, уровень заработной платы; значительный износ основных средств, прежде всего автомобильного парка,

парка дорожно-строительных механизмов и тягового подвижного состава и, как следствие, высокая себестоимость оказываемых услуг. Результатом проведенных преобразований явился промышленный холдинг, состоящий из следующих структурных и обособленных подразделений и компаний: управляющая компания (УК), отвечающая за эффективность деятельности холдинга в целом; территориально удаленные друг от друга производственные дочерние зависимые общества (ДЗО); компании, обслуживающие дочерние зависимые общества, в том числе транспортно-складская компания (ТСК). Проведенный анализ организационно-управленческой эффективности функционирования транспортно-логистического обеспечения позволил выявить ряд недостатков исходной модели (рисунок 1) и разработать приоритетную модель «4PL» оператора, состоящую из управляющей компании, отвечающей за эффективность деятельности холдинга в целом и территориально удаленных друг от друга производственных и обслуживающих дочерних зависимых обществ (рисунок 2), а также сформировать основные направления оптимизации функционирования транспортно-логистической деятельности ДЗО. Анализ мирового опыта организации эффективной системы логистики позволил определить несколько перспективных методов, используемых различными промышленными предприятиями, являющимися мировыми лидерами в своих отраслях. В результате сравнительно-сопоставительного анализа основных предпосылок и базовых условий применения управленческих методов организации транспортно-логистических услуг на предприятии, был выбран приоритетный метод создания собственного 4PL-оператора. Ввиду того, что в рамках компании существует большое количество совместных предприятий, являющихся потенциальными заказчиками транспортно-логистических услуг, появляется возможность получить относительную независимость от рыночных операторов и исключить риски конкретного транспортного оператора при перевозке товарно-материальных ценностей.





1.1. Размытость ответственности за логистическую функцию.

1.2. Большое количество взаимодействий участников в процессе поставок и невозможность оперативного контроля.

1.3. Эффект централизации для управления поставщиками логистических услуг и оптимальность цен не достигаются.

2.1. Отсутствие прозрачности учета логистических затрат и возможностей для злоупотреблений.

2.2. Выполнение несвойственных логистических функций в ДЗО.

2.3. Наличие излишних складских, транспортных и материальных ресурсов.

3.1. УК не имеет возможности оценивать эффективность логистической деятельности.

3.2. УК получает информацию о сбоях, а не о возможных рисках.

3.3. УК несет неоптимальные издержки на логистическую функцию.

Рисунок 1 – Исходная модель логистического обеспечения промышленного холдинга

### Ключевые установки деятельности 4PL:

- ❑ «ОДНО ОКНО»
- ❑ «ТОЧНО В СРОК»
- ❑ «ОТ ДВЕРИ ДО ДВЕРИ»
- ❑ «УПРАВЛЕНИЕ ПАРТИЯМИ»
- ❑ «ИТ-ИНТЕГРАЦИЯ С УЧАСТНИКАМИ ЦЕПИ ПОСТАВОК»
- ❑ «АЛЬЯНСЫ С ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПАРТНЕРАМИ»
- ❑ «ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАПАСОВ «В ПУТИ»
- ❑ «ОПТИМИЗАЦИЯ ВНУТРЕННИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ»
- ❑ «АДАПТАЦИЯ К НОВЫМ ТРЕБОВАНИЯМ ЗАКАЗЧИКОВ»
- ❑ «ОПТИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ»

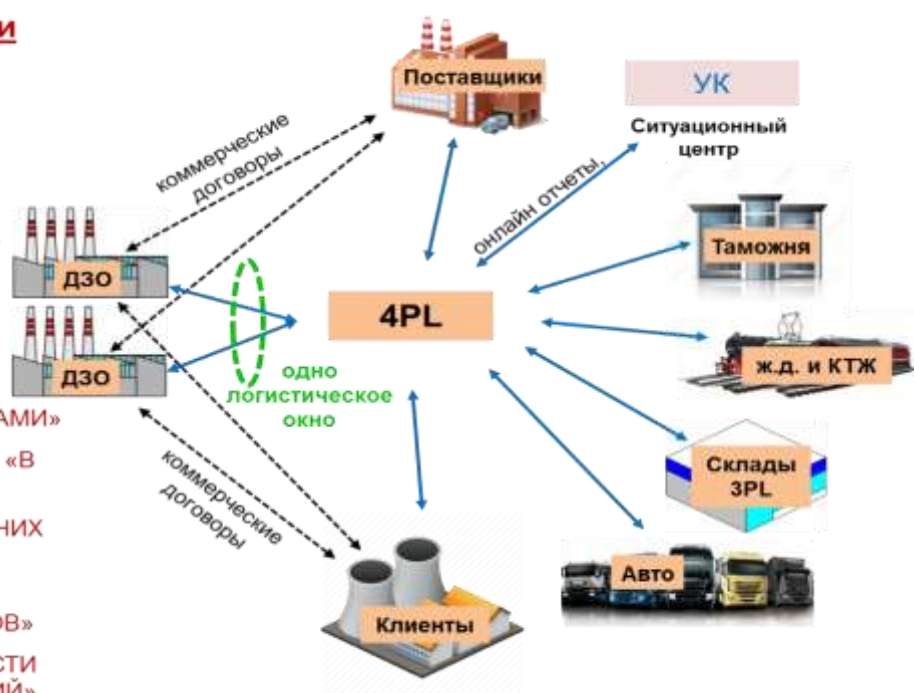


Рисунок 2 – Приоритетная модель логистики промышленного холдинга

Таким образом, модели и инструменты создания рыночного 4PL-оператора на базе транспортно-логистического подразделения промышленного холдинга позволяют реализовать масштабную концепцию изменений, меняющую методы работы, экономику и статус транспортной логистики.

На базе сформированной приоритетной модели логистики промышленного холдинга проведен анализ ключевых причин срывов сроков, эффективности планирования и/или высокой стоимости поставки, а также предложены различные варианты управленческих решений для их устранения. Учитывая данные предпосылки, была разработана информационно-аналитическая система моделирования, способная сгенерировать множество схем поставок, удовлетворяющих совокупности сформированных оценочных критериев и принятых ограничений транспортно-логистического процесса.

Целью обозначенной разработки является эффективное планирование схемы поставок на основании многофакторного анализа всех стадий цепочки поставок, с последующим оперативным контролем отклонений, оптимизацией параметров измененной схемы поставок с последующим ее завершением в требуемые сроки, в нужном месте и с объективным распределением финансовой ответственности за изменение параметров поставки между участниками транспортно-логистического процесса (поставщик, заказчик, логистические операторы).

Однако, в ходе реализации поставки сроки отгрузки могут существенно изменяться, а отсутствие информации в режиме реального времени о текущем состоянии поставки не дает возможности участникам схемы оперативно координировать свои действия, так как информация об изменениях распространяется локально и не является достоянием всех участников процесса. В этой связи, для повышения качества координации всех участников цепочки поставки необходимо организовать единое информационное пространство с обозначением ответственности и сроков. Для осуществления эффективной диспетчеризации, безусловно, нужен автоматизированный инструмент,

основанный на сборе и анализе первичных данных, получаемых по ходу исполнения поставки в режиме реального времени.

Основными инструментами для достижения цели и решения главной задачи являются: использование механизма ситуационного моделирования на стадии планирования исходного множества схем поставок по принципам «total cost»; использование механизма IoT 4.0 на стадии оперативного контроля поставок для получения автоматизированных данных о текущем состоянии поставки и выявления величины отклонений; использование технологии «блокчейн» для обеспечения корректности исторических данных и фиксации исполнения запланированных обязательств участниками цепочки поставок в рамках смарт-контрактов, а также для осуществления эффективного электронного документооборота (рисунок 3). В такой постановке именно ТЛО является держателем такой ИТ-среды, включающей в себя и классическую ERP-систему, и модули имитационного моделирования, и IoT 4.0, работающих в среде распределенного реестра данных по технологии «блокчейн».

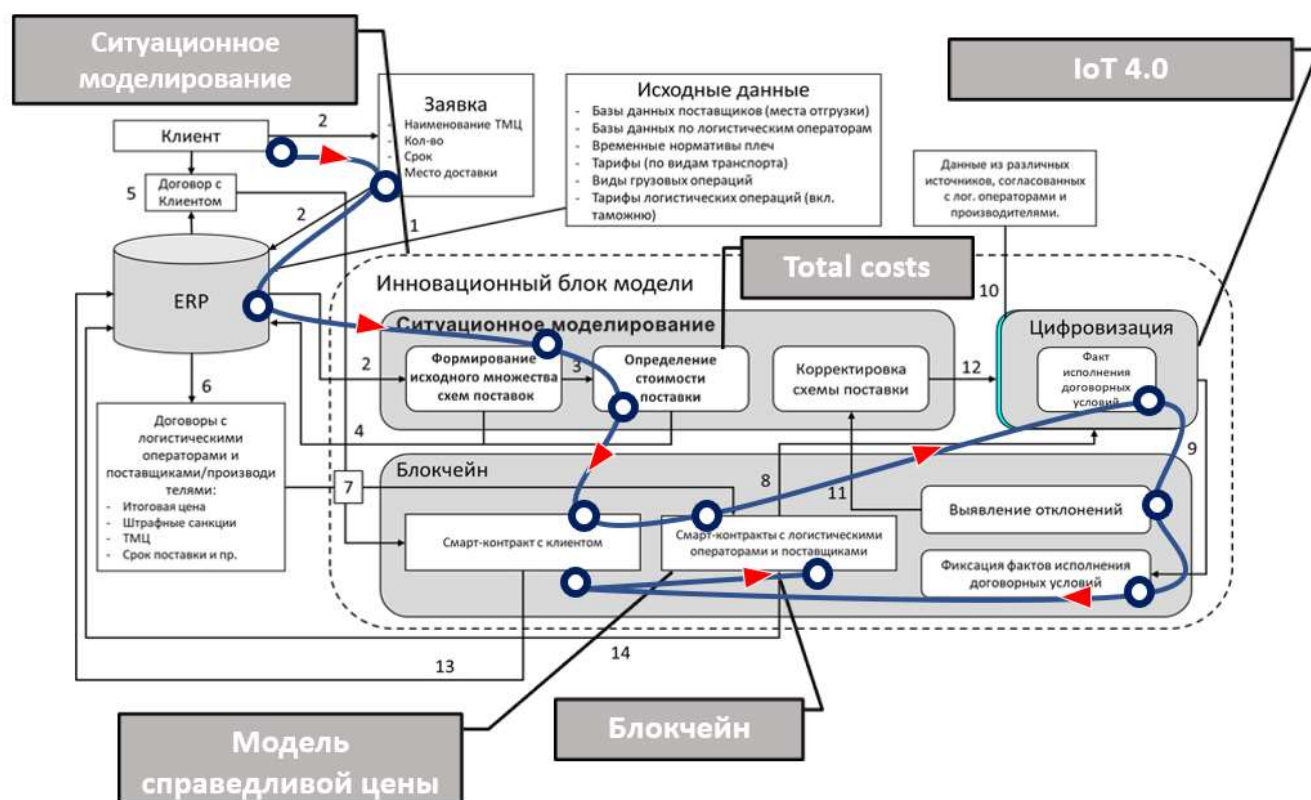


Рисунок 3 – Модель определения справедливой цены в системе планирования и управления цепочками поставок

В качестве базовых переменных ситуационного моделирования показателей целевых схем поставок были использованы: срок поставки (по результатам моделирования определяется возможный срок поставки исходя из набора требуемых логистических операций и с учетом сроков производства); схема поставки (по результатам моделирования определяется необходимый набор логистических плечей и логистических операций, необходимых для доставки); стоимость поставки (по результатам моделирования определяется минимальную стоимость поставки (сумма стоимости закупки и всех логистических операций, включая доставку) с учетом требуемого набора логистических операций и стоимости закупки).

Основной задачей цифровизации в модели планирования и управления целевыми схемами поставок является фиксация параметров поставки (сроки, состав, стоимость) на всех её стадиях для расчета величины вознаграждений участников, выявления отклонений по ходу поставки и принятие решений по её изменению, а также выявление системных отклонений для последующей корректировки параметров алгоритма выбора поставщиков и операторов.

В разработанной модели планирования и управления целевыми схемами поставок предлагается использовать эффективный механизм справедливого распределения ответственности за срыв поставки, основанный на технологии «блокчейн». Данный механизм подразумевает, что любой штраф, выставляемый за срыв поставки, должен иметь ответственного внутри цепочки поставок так же, как и любое ускорение своего участка ответственности, которое привело к сокращению или исключению штрафа, должно иметь следствие в виде бонуса. Данный механизм распределения ответственности является основополагающим элементом мотивации всех участников транспортно-логистического процесса к исполнению поставки требуемой структуры в строго установленное время.

В этой связи, для разработанной модели требуется не только произвести идентификацию параметров текущей ситуации, но и сформировать множество управляющих решений, позволяющих достичь рациональных транспортно-логистических целевых ориентиров для осуществления поставки точно в срок.

При этом, наличие высоких требований к временным и качественным параметрам цепочки поставок при наличии дефицита времени на принятие управленческих решений, неполнота, а, в отдельных случаях, и недостоверность исходной информации, большое количество факторных признаков, принимающих участие в процессе решения управленческих задач, качественная и стохастическая неопределенность параметров системы предопределяют необходимость использования принципов ситуационного моделирования.

В такой постановке текущее состояние (CS) задачи, принадлежащее некоторому классу транспортных задач Q, можно описать в виде ситуационной сети, в которой транспортные узлы (ТУ) графа (вектор состояния - SV) представлены перевалочными пунктами цепочки поставок, а соответствующие переходы (вектор возмущения - PV) - в виде управляющих воздействий характеризуют динамику изменения показателей состояния поставки.

Тогда, используя пары  $CS = \langle SV, PV \rangle$ , возможно определить понятие полной ситуации цепочки поставок в виде  $F = \langle CS, U \rangle$  через целевую ситуацию управления U, принадлежащую множеству допустимых вариантов управлений Q'', к которой должно быть приведено текущее состояние системы вектором управляющих воздействий (CA). В такой постановке, для решения задачи необходимо обеспечить преобразование одного класса ситуаций в другой, используя следующее соотношение переходов  $CS \in Q \rightarrow U \in Q'' \cup (Q, Q'') \rightarrow CA$  в интерпретации следующих пар «текущее состояние (CS) – целевое эталонное состояние (RS)», «планируемый результат – управленческое воздействие», а построение ситуационной сети требует, в общем случае, наличия эталонного состояния (RS), в нашем случае реализации доставки «точно в срок», с некоторой совокупностью системных параметров и способом их представления, которым соответствуют сформированные совокупности управленческих решений (рисунок 4). Используя приведенные соотношения, под ситуационной событийной сетью, будем понимать структуру  $\langle TU, CD, A, O, RS, SCS \rangle$ . Здесь  $TU = \{TU_1, TU_2, \dots, TU_N\}$  – множество транспортных узлов цепочки поставок, характеризующихся следующими параметрами  $TU_k = (U_k, t_k, P_k)$ ,  $k \in [1, N]$ , где  $U_k$  –

состояние транспортно-логистической системы в момент времени  $t_k$ ,  $P_k$  – вероятность нахождения системы в состоянии  $U_k$  в момент времени  $t_k$ .  $CD = \{CD_1, CD_2, \dots, CD_{NCD}\}$  – исходное множество управляющих решений, характеризующееся набором пар в виде управляющего воздействия и объекта управления.

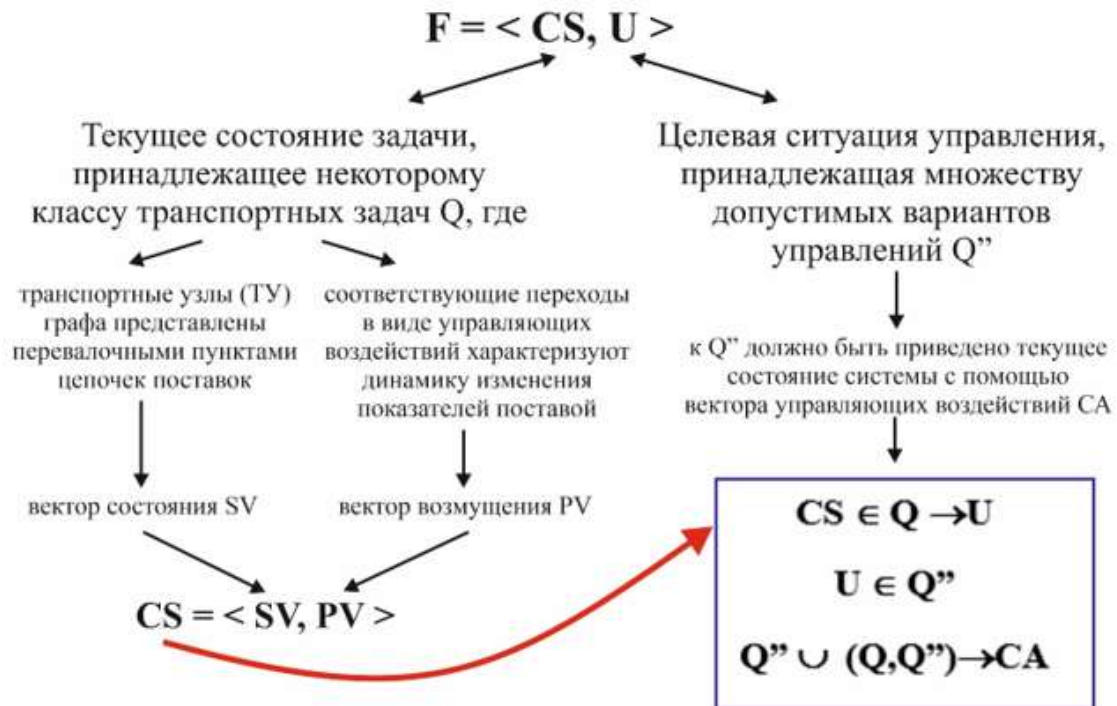


Рисунок 4 – Модель полной ситуации транспортно-логистической цепочки поставок

$CD_d = ((a_1, o_1), \dots, (a_j, o_j), \dots, (a_{NCD}, o_{NCD}))$ ,  $d \in [1, N_{CD}]$ ,  $a_j \in A \cup o_j \in O$ , где  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_{N_o}\}$  – множество объектов транспортно-логистической сети, представляющих управляемую систему;  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_{N_a}\}$  – множество управляющих воздействий, которые возможно разделить по функциональным аспектам управления исходя из сценарного набора событий в транспортных узлах цепочки поставок. Соответствующая привязка текущего состояния поставки ( $CS$ ) к управляющим решениям производится за счет формирования множества эталонных ситуаций «точно в срок»  $RS_1 = \{RS_1, RS_2, \dots, RS_{NRS}\}$ ,  $l \in [1, N_{RS}]$ .

Формирование сценариев реализации цепочки ( $SCS$ ) поставок возможно представить как способ адаптации модели к изменениям факторов управляемой



системы и обеспечение привязки эталонных состояний (RS) текущему (CS), т.е.  $SCS: (RS, U_k) \rightarrow CD$ . Моменты времени в модели представлены с определенным шагом  $\Delta t$  совокупностью дискретных состояний  $\{0, t_1, \dots, T_z\}$ , а переход между узлами по направленной дуге соответствует некоторому управляющему воздействию, реализуемому в моменте времени кратному ( $m\Delta t$ ),  $m \in \mathbb{N}$ ,  $\mathbb{N} = \{1, 2, \dots, n, \dots\}$ . Таким образом, под соответствующим результирующим событием в транспортном узле цепочки поставок будем понимать возможное нахождение груза как элемента управляемой системы в определенный момент времени ( $t_0 + m\Delta t$ ) в состоянии  $U_k$  с вероятностью  $P_k$  (рисунок 5).

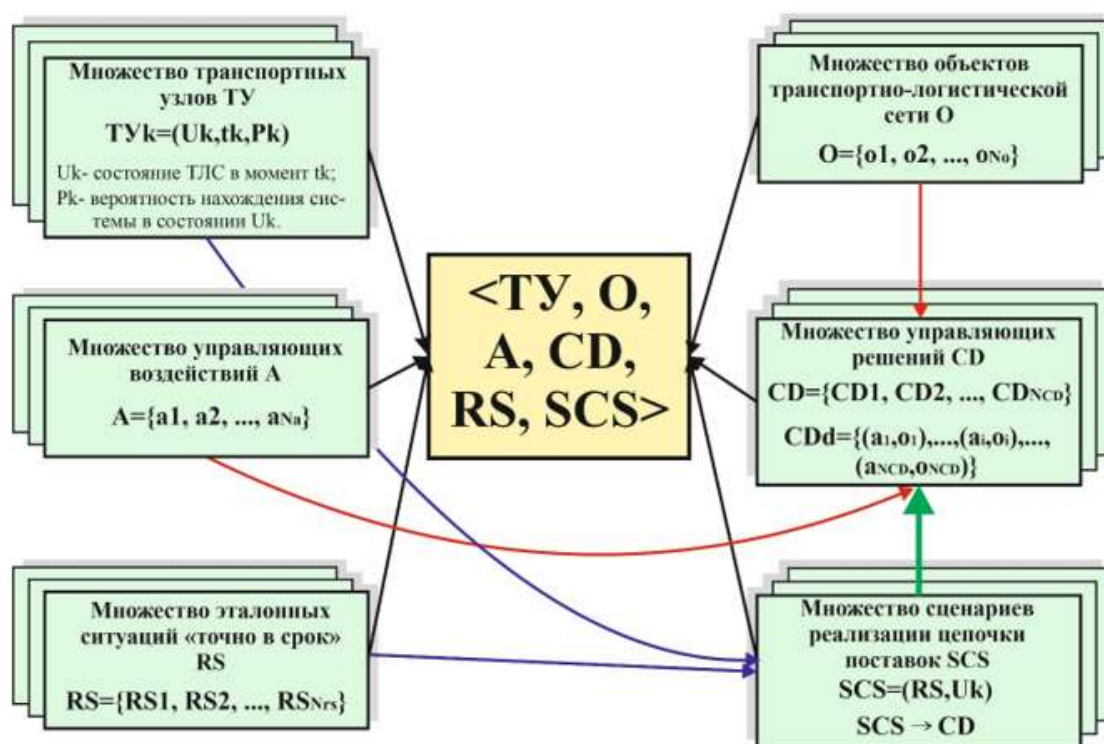


Рисунок 5 – Ситуационная транспортно-логистическая модель цепочки поставок

Наличие исходного множества сформированных ситуационных схем поставок предопределили необходимость реализации процедуры сценарного моделирование справедливой цены в транспортных узлах системы управления цепочками поставок. Обозначим исходное множество транспортных узлов в цепочке поставок  $\{I\} = \{1, 2, \dots, i, i+1, \dots, N\}$ , где  $N$  - количество транспортных узлов в SCM (Supply Chain Management (SCM) – управление цепочками поставок). Для

реализации сценарного подхода в качестве базового элемента модели рассмотрим фрагмент цепочки поставок, состоящий из двух транспортных узлов: ТУ (i) - транспортный узел (i)  $\forall i \in \{I\}$ ; ТУ (i+1) - транспортный узел (i+1)  $\forall (i+1) \in \{I\}$  (рисунок 6).

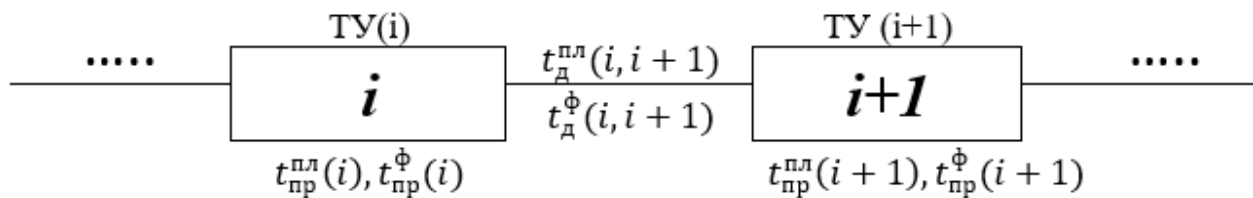


Рисунок 6 – Двухузловая модель цепочки поставок

Грузопоток товарно-материальных ценностей в транспортных узлах характеризуется следующими основными параметрами:  $t_{д}^{пл}(i, i+1)$  - плановое время доставки груза из транспортного узла (i)  $\forall i \in \{I\}$  в транспортный узел (i+1)  $\forall (i+1) \in \{I\}$ ;  $t_{д}^{ф}(i, i+1)$  - фактическое время доставки груза из транспортного узла (i)  $\forall i \in \{I\}$  в транспортный узел (i+1)  $\forall (i+1) \in \{I\}$ .

Комплекс погрузочно-разгрузочных работ в ТУ(i) и ТУ (i+1) характеризуется следующими параметрами:  $t_{np}^{пл}(i)$  и  $t_{np}^{ф}(i)$  - плановое и фактическое время осуществления погрузочно-разгрузочных работ в транспортном узле (i)  $\forall i \in \{I\}$ ;  $t_{np}^{пл}(i+1)$  и  $t_{np}^{ф}(i+1)$  - плановое и фактическое время осуществления погрузочно-разгрузочных работ в транспортном узле (i+1)  $\forall (i+1) \in \{I\}$ .

Тогда, суммарное плановое  $T_{цп}^{пл}(N)$  и фактическое  $T_{цп}^{ф}(N)$  время осуществления всей цепочки поставок для N транспортных узлов будут равны следующим соотношениям

$$T_{цп}^{пл}(N) = (\sum_{i=1}^{i=N} t_{np}^{пл}(i) + \sum_{i=1}^{i=(N-1)} t_{д}^{пл}(i, i+1)) \forall i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

$$T_{цп}^{ф}(N) = (\sum_{i=1}^{i=N} t_{np}^{ф}(i) + \sum_{i=1}^{i=(N-1)} t_{д}^{ф}(i, i+1)) \forall i = \overline{1, N}. \quad (2)$$



При этом, время отклонения  $\Delta T_{\text{цп}}(N)$  по всей цепочке поставок для  $N$  транспортных узлов соответственно равно  $\Delta T_{\text{цп}}(N) = T_{\text{цп}}^{\text{пл}}(N) - T_{\text{цп}}^{\Phi}(N)$ . Знак величины отклонения характеризует наличие разрыва между плановыми и фактическими сроками поставки (рисунок 7).

$$\Delta T_{\text{цп}}(N) = \begin{cases} > 0, \text{поставка "раньше", } \{T_{\text{цп}}^{\Phi^1}(N) \mid T_{\text{цп}}^{\Phi^1}(N) < T_{\text{цп}}^{\text{пл}}(N)\}, \\ = 0, \text{поставка "точно в срок", } \{T_{\text{цп}}^{\Phi}(N) \mid T_{\text{цп}}^{\Phi}(N) = T_{\text{цп}}^{\text{пл}}(N)\}, \\ < 0, \text{поставка "позже" } \{T_{\text{цп}}^{\Phi^2}(N) \mid T_{\text{цп}}^{\Phi^2}(N) > T_{\text{цп}}^{\text{пл}}(N)\}. \end{cases} \quad (3)$$

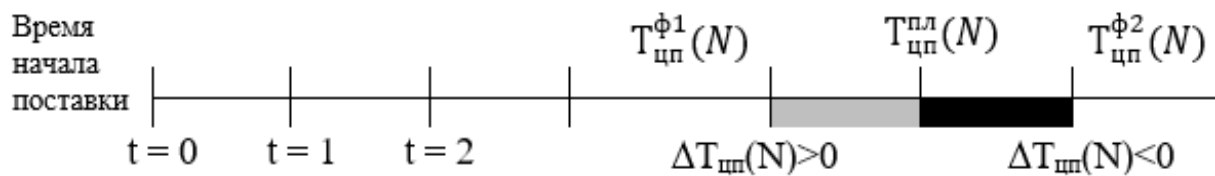


Рисунок 7 – Анализ величины отклонений в длительности всей цепочки поставок

Для фиксации временных отрезков нахождения груза в системе цепочки поставок введем параметры, характеризующие время получения и отгрузки товарно-материальных ценностей:  $t_{\text{пп}}(i)$ ,  $t_{\text{фп}}(i)$  - плановое и фактическое время получения груза в узле  $(i) \forall i \in \{I\}$ . С учетом длительности транспортировки груза из ТУ  $(i)$  в ТУ  $(i+1)$  плановое  $t_{\text{пп}}(i+1)$  и фактическое  $t_{\text{фп}}(i+1)$  время получения груза в ТУ  $(i+1)$  будет равно  $t_{\text{пп}}(i+1) = t_{\text{пп}}(i) + t_{\text{пп}}^{\text{пл}}(i) + t_{\text{д}}^{\text{пл}}(i, i+1)$  и  $t_{\text{фп}}(i+1) = t_{\text{фп}}(i) + t_{\text{пп}}^{\Phi}(i) + t_{\text{д}}^{\Phi}(i, i+1)$ . Исходя из расчета длительности погрузочно-разгрузочных работ в ТУ плановое  $t_{\text{по}}(i)$  и фактическое  $t_{\text{фо}}(i)$  время отгрузки груза в узле  $(i) \forall i \in \{I\}$  будет равно  $t_{\text{по}}(i) = t_{\text{пп}}(i) + t_{\text{пп}}^{\text{пл}}(i)$  и  $t_{\text{фо}}(i) = t_{\text{фп}}(i) + t_{\text{пп}}^{\Phi}(i)$ , а плановое  $t_{\text{пп}}(i+1)$  и фактическое  $t_{\text{фп}}(i+1)$  время отгрузки груза в узле  $(i+1) \forall (i+1) \in \{I\}$  будет равно  $t_{\text{по}}(i+1) = t_{\text{пп}}(i+1) + t_{\text{пп}}^{\text{пл}}(i+1)$  и  $t_{\text{фо}}(i+1) = t_{\text{фп}}(i+1) + t_{\text{пп}}^{\Phi}(i+1)$  соответственно.

Для расчета отклонение факта получения груза  $\Delta t_{\text{п}}(i)$  и  $\Delta t_{\text{п}}(i+1)$  в узлах  $(i) \forall i \in \{I\}$  и  $(i+1) \forall (i+1) \in \{I\}$  воспользуемся следующими соотношениями  $\Delta t_{\text{п}}(i) = t_{\text{фп}}(i) - t_{\text{пп}}(i)$  и  $\Delta t_{\text{п}}(i+1) = t_{\text{фп}}(i+1) - t_{\text{пп}}(i+1)$ . Относительно времени начала поставки

отклонения от факта получения груза характеризуются несколькими состояниями: груз получен «позже»; «точно в срок»; «раньше» (рисунок 8, 9).

$$\Delta t_{\pi}(i) = \begin{cases} > 0, \text{получение "позже", } \{\Delta t_{\pi}(i) \mid t_{\pi}^1(i) < t_{\phi\pi}(i)\}, \\ = 0, \text{получение "точно в срок", } \{\Delta t_{\pi}(i) \mid t_{\pi}^1(i) = t_{\phi\pi}(i)\}, \\ < 0, \text{получение "раньше", } \{\Delta t_{\pi}(i) \mid t_{\pi}^1(i) > t_{\phi\pi}(i)\}. \end{cases} \quad (4)$$

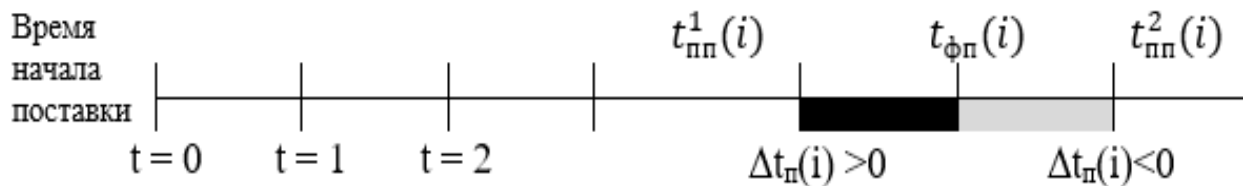


Рисунок 8 – Анализ величины отклонений факта получения груза в транспортном узле (i)

$$\Delta t_{\pi}(i+1) = \begin{cases} > 0, \text{получение "позже", } \{\Delta t_{\pi}(i+1) \mid t_{\pi}^1(i+1) < t_{\phi\pi}(i+1)\}, \\ = 0, \text{получение "точно в срок", } \{\Delta t_{\pi}(i+1) \mid t_{\pi}^1(i+1) = t_{\phi\pi}(i+1)\}, \\ < 0, \text{получение "раньше", } \{\Delta t_{\pi}(i+1) \mid t_{\pi}^1(i+1) > t_{\phi\pi}(i+1)\}. \end{cases} \quad (5)$$

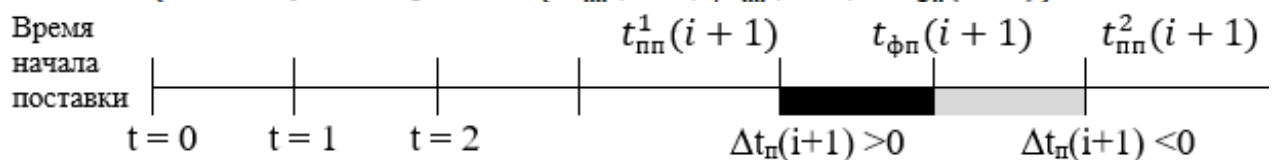


Рисунок 9 – Анализ величины отклонений факта получения груза в транспортном узле (i+1)

Факт отгрузки товарно-материальных ценностей и величину отклонений  $\Delta t_o(i)$  и  $\Delta t_o(i+1)$  по данным параметрам в узле (i)  $\forall i \in \{I\}$  и в узле (i+1)  $\forall (i+1) \in \{I\}$  возможно отразить следующими соотношениями  $\Delta t_o(i) = t_{\pi o}(i) - t_{\phi o}(i)$  и  $\Delta t_o(i+1) = t_{\pi o}(i+1) - t_{\phi o}(i+1)$ . Состояние отклонений от плана отгрузки возможно отразить в следующем виде (рисунок 10, 11).

Формирование сценариев реализации цепочки поставки на ТУ (i) и ТУ (i+1) возможно осуществить на основе следующих предпосылок. Для некоторых ТУ возможно допустить, что  $t_{\pi\pi}^{\pi\pi}(i) \cong t_{\pi\pi}^{\phi}(i) \wedge t_{\pi\pi}^{\pi\pi}(i+1) \cong t_{\pi\pi}^{\phi}(i+1)$  пренебрежимо малы, относительно  $t_{\pi\pi}^{\pi\pi}(i, i+1)$ .

$$\Delta t_o(i) = \begin{cases} > 0, \text{ отгрузка "раньше", } \{\Delta t_{\text{пп}}(i) \mid t_{\text{пп}}^1(i) < t_{\text{фп}}(i)\}, \\ = 0, \text{ отгрузка "точно в срок", } \{\Delta t_{\text{пп}}(i) \mid t_{\text{пп}}^1(i) = t_{\text{фп}}(i)\}, \\ < 0, \text{ отгрузка "позже", } \{\Delta t_{\text{пп}}(i) \mid t_{\text{пп}}^1(i) > t_{\text{фп}}(i)\}. \end{cases} \quad (6)$$

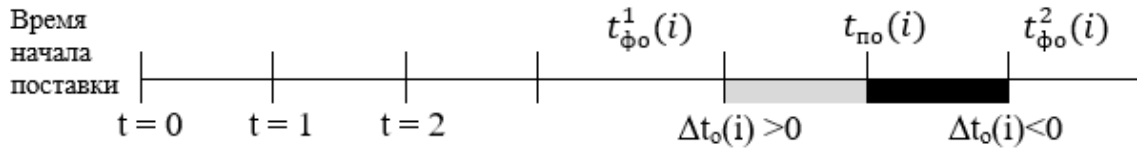


Рисунок 10 – Анализ величины отклонений факта отгрузки груза в транспортном узле (i)

$$t_o(i+1) = \begin{cases} > 0, \text{ отгрузка "раньше", } \{\Delta t_{\text{пп}}(i+1) \mid t_{\text{пп}}^1(i+1) < t_{\text{фп}}(i+1)\}, \\ = 0, \text{ отгрузка "точно в срок", } \{\Delta t_{\text{пп}}(i+1) \mid t_{\text{пп}}^1(i+1) = t_{\text{фп}}(i+1)\}, \\ < 0, \text{ отгрузка "позже", } \{\Delta t_{\text{пп}}(i+1) \mid t_{\text{пп}}^1(i+1) > t_{\text{фп}}(i+1)\}. \end{cases} \quad (7)$$

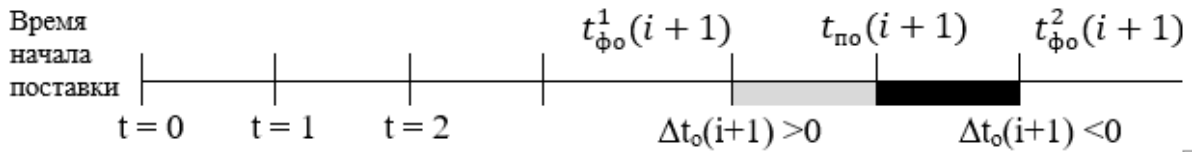


Рисунок 11. – Анализ величины отклонений факта отгрузки груза в транспортном узле (i+1)

Следовательно,  $t_{\text{пп}}^{\text{пл}}(i) \cong t_{\text{пп}}^{\text{ф}}(i) \cong 0 \wedge t_{\text{пп}}^{\text{пл}}(i+1) \cong t_{\text{пп}}^{\text{ф}}(i+1) \cong 0$ , тогда получим, что  $t_{\text{фо}}(i) = t_{\text{фп}}(i) + t_{\text{пп}}^{\text{ф}}(i) \Leftrightarrow t_{\text{фо}}(i) \cong t_{\text{фп}}(i) \wedge t_{\text{фо}}(i+1) = t_{\text{фп}}(i+1) + t_{\text{пп}}^{\text{ф}}(i+1) \Leftrightarrow t_{\text{фо}}(i+1) \cong t_{\text{фп}}(i+1)$ . Непосредственное формирование сценариев происходит посредством имитационного перебора всех возможных состояний, возникающих в ТУ при осуществлении поставки. Величину штрафа/бонуса за единицу времени, а также удельную стоимость перевозки ( $S_{\text{max}}/S_{\text{min}}$ ) для различного уровня надежности поставки возможно определить исходя из полученных взаимосвязей (рисунок 12, 13).

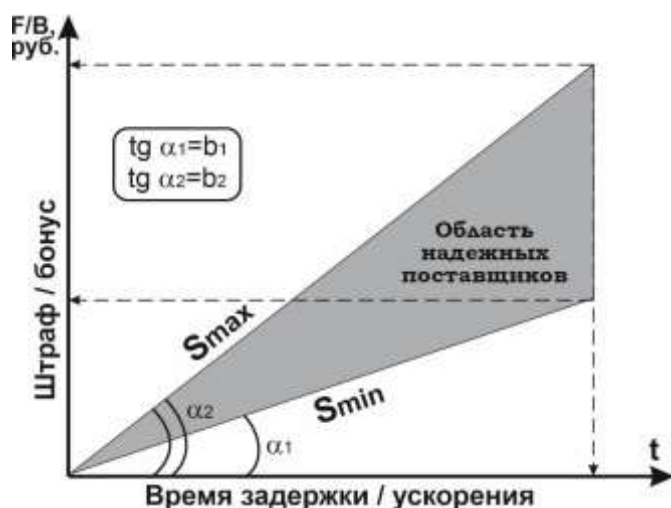


Рисунок 12 – Зависимость штрафа/бонуса (F/B) от длительности задержки/ускорения (t) при доставке груза в цепочке поставок при различном уровне удельных рыночных цен на перевозку (S)



Рисунок 13 – Зависимость штрафа/бонуса (F/B) и надежности поставки от уровня удельных рыночных цен на перевозку груза (S) в цепочке поставок

Такая постановка позволяет оконтурить в критериальном пространстве (штраф/бонус за задержку или ускорение поставки, удельная стоимость перевозки груза, надежность оператора (поставщика), временной интервал задержки/ускорения доставки) образы надежного и ненадежного оператора для процедуры контрактации цепочки поставок.

*Сценарий 1.* ( $\Delta t_n(i) > 0 \wedge \Delta t_o(i+1) > 0$ ) «позже»-«раньше». Груз в ТУ(i) получен позже, а в ТУ(i+1) доставлен раньше запланированного времени. В этом случае функция бонуса  $B(i)$  для перевозчика (i) и функция штрафа  $F(i-1)$  для перевозчика (i-1) будут равны следующему соотношению  $B(i) = F(i-1) = (t_{фп}(i) - t_{пп}(i)) \cdot b$ , где коэффициент  $b$ , (руб./t) определяет величину штрафа/бонуса за единицу времени (час, день и т.п., в зависимости от условий договора с перевозчиком) (рисунок 14). Оценку вероятности реализации цепочки поставок в работе предлагается осуществить посредством расчета интегральной функции распределения исходя из следующих соотношений  $F(X) = P(t_{дост} < t) \forall t \in (t_{пл}(KT2); t_{ф}(KT2) \cup P(t_{min} < t < t_{max}) = F(t_{max}) - F(t_{min})$ .

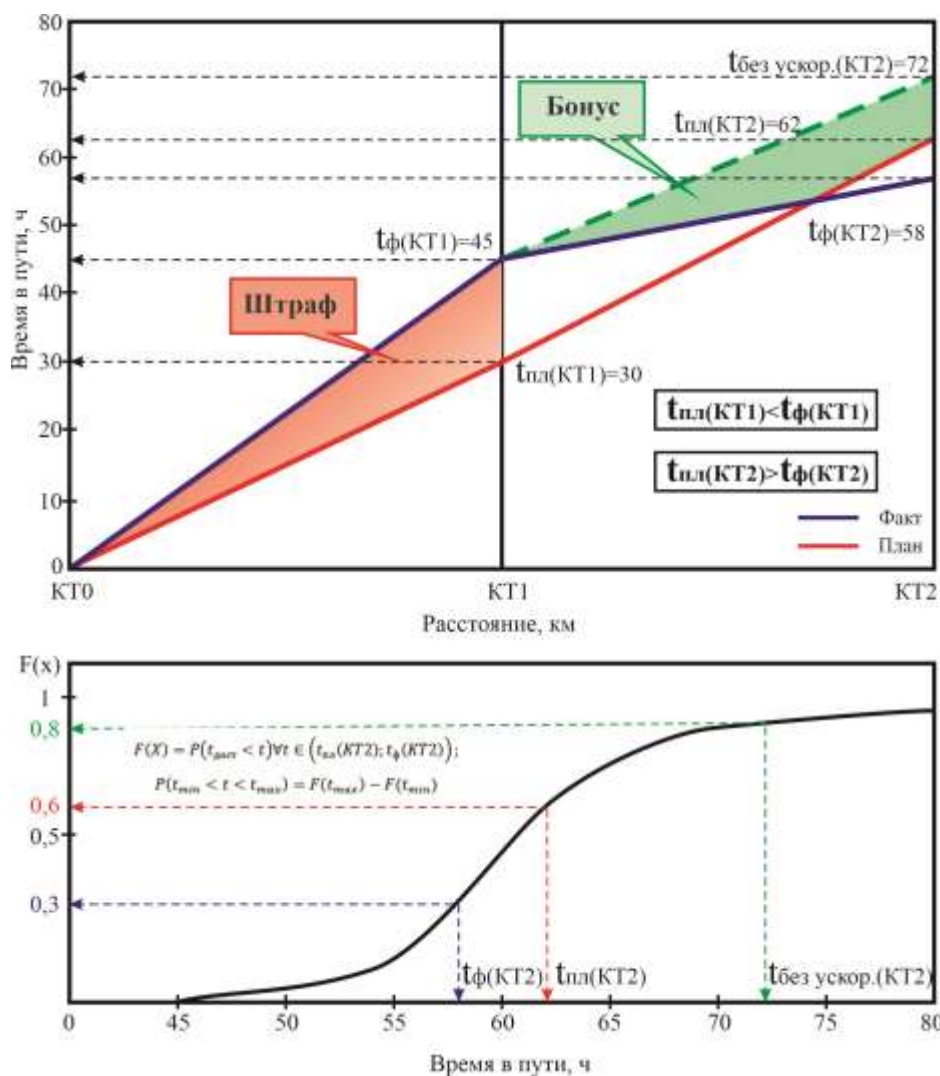


Рисунок 14 – Формирование сценариев и интегральной функции вероятности  $F(x)$  реализации цепочки поставки на ТУ (i) и ТУ (i+1) (вариант  $(\Delta t_n(i) > 0 \wedge \Delta t_o(i+1) > 0)$  пример ситуации «позже»-«раньше»)

*Сценарий 2.*  $(\Delta t_n(i) > 0 \wedge \Delta t_o(i+1) = 0)$  «позже»-«точно в срок». Груз в ТУ(i) получен позже запланированного времени, а в ТУ(i+1) доставлен точно в срок. В этом случае функция бонуса  $B(i)$  для перевозчика (i) и функция штрафа  $F(i-1)$  для перевозчика (i-1) будут равны следующему соотношению  $B(i) = F(i-1) = (t_{фл}(i) - t_{пл}(i)) * b$ , где коэффициент  $b$ , (руб./t) определяет величину штрафа/бонуса за единицу времени (час, день и т.п., в зависимости от условий договора с перевозчиком).

*Сценарий 3.*  $(\Delta t_n(i) > 0 \wedge \Delta t_o(i+1) < 0)$  «позже»-«позже». Груз в ТУ(i) получен позже и в ТУ(i+1) доставлен позже запланированного времени. В этом случае

функция бонуса  $B(i)$  и функция штрафа  $F(i)$  для перевозчика  $(i)$  и функция штрафа  $F(i-1)$  для перевозчика  $(i-1)$  будут равны следующим соотношениям:

$$\supset t_{\text{фп}}(i+1) - t_{\text{фп}}(i) > t_{\text{д}}^{\text{пл}}(i, i+1) \Rightarrow F(i) = (t_{\text{фп}}(i+1) - t_{\text{фп}}(i) - t_{\text{д}}^{\text{пл}}(i, i+1)) * b \wedge F(i-1) = (t_{\text{фп}}(i) - t_{\text{пп}}(i)) * b;$$

$$\supset t_{\text{фп}}(i+1) - t_{\text{фп}}(i) = t_{\text{д}}^{\text{пл}}(i, i+1) \Rightarrow \wedge F(i-1) = (t_{\text{фп}}(i) - t_{\text{пп}}(i)) * b;$$

$$\supset t_{\text{фп}}(i+1) - t_{\text{фп}}(i) < t_{\text{д}}^{\text{пл}}(i, i+1) \Rightarrow B(i) = (t_{\text{фп}}(i+1) - t_{\text{фп}}(i) - t_{\text{д}}^{\text{пл}}(i, i+1)) * b \wedge F(i-1) = (t_{\text{фп}}(i) - t_{\text{пп}}(i)) * b.$$

*Сценарий 4.*  $(\Delta t_{\text{п}}(i)=0 \wedge \Delta t_{\text{o}}(i+1)>0)$  «точно в срок»-«раньше». Груз в ТУ( $i$ ) получен точно в срок и в ТУ( $i+1$ ) доставлен раньше запланированного времени. В этом случае функция бонуса  $B(i)$ , функция штрафа  $F(i)$  для перевозчика  $(i)$  и функция штрафа  $F(i-1)$  для перевозчика  $(i-1)$  будут равны нулю, т.е.  $B(i) = F(i) = F(i-1) = 0$ .

*Сценарий 5.*  $(\Delta t_{\text{п}}(i)=0 \wedge \Delta t_{\text{o}}(i+1)=0)$  «точно в срок»-«точно в срок». Груз в ТУ( $i$ ) и в ТУ( $i+1$ ) доставлен точно в срок. В этом случае функция бонуса  $B(i)$ , функция штрафа  $F(i)$  для перевозчика  $(i)$  и функция штрафа  $F(i-1)$  для перевозчика  $(i-1)$  будут равны нулю, т.е.  $B(i) = F(i) = F(i-1) = 0$ .

*Сценарий 6.*  $(\Delta t_{\text{п}}(i)=0 \wedge \Delta t_{\text{o}}(i+1)<0)$  «точно в срок»-«позже». Груз в ТУ( $i$ ) получен точно в срок и в ТУ( $i+1$ ) доставлен позже запланированного времени. В этом случае функция штрафа  $F(i)$  для перевозчика  $(i)$  будет равна следующему соотношению  $F(i) = (t_{\text{фп}}(i+1) - t_{\text{пп}}(i+1)) * b$ .

*Сценарий 7.*  $(\Delta t_{\text{п}}(i)<0 \wedge \Delta t_{\text{o}}(i+1)>0)$  «раньше»-«раньше». Груз в ТУ( $i$ ) и ТУ( $i+1$ ) доставлен раньше запланированного времени. В этом случае функции бонуса  $B(i)$  и штрафа  $F(i)$  для перевозчика  $(i)$  и функции бонуса  $B(i-1)$  и штрафа  $F(i-1)$  для перевозчика  $(i-1)$  будут равны нулю, т.е.  $B(i) = F(i) = B(i-1) = F(i-1) = 0$ .

*Сценарий 8.*  $(\Delta t_{\text{п}}(i)<0 \wedge \Delta t_{\text{o}}(i+1)=0)$  «раньше»-«точно в срок». Груз в ТУ( $i$ ) получен раньше, а в ТУ( $i+1$ ) доставлен точно в срок. В этом случае функции бонуса  $B(i)$  и штрафа  $F(i)$  для перевозчика  $(i)$  и функции бонуса  $B(i-1)$  и штрафа  $F(i-1)$  для перевозчика  $(i-1)$  будут равны нулю, т.е.  $B(i) = F(i) = B(i-1) = F(i-1) = 0$ .



Сценарий 9. ( $\Delta t_n(i) < 0 \wedge \Delta t_o(i+1) < 0$ ) «раньше»-«позже». Груз в ТУ(i) получен раньше, а в ТУ(i+1) доставлен позже запланированного времени. В этом случае функции бонуса  $B(i-1)$  будет равна нулю, а функция штрафа  $F(i)$  для перевозчика (i) равна следующему соотношению  $F(i) = (t_{\phi n}(i+1) - t_{\phi n}(i)) * b$ .

Для всех сценариев реализации цепочки поставок функция бонуса  $B(i)$  начисляется только в том случае, если оператор (i) уменьшает величину разрыва между отставанием в графике поставки и плановым заданием (сокращение или устранение задержки всей поставки).

$$B(i) = \begin{cases} 0, t_{\phi}^{\phi}(i, i+1) > t_{\phi}^{\phi n}(i, i+1) \vee t_{\phi n}(i+1) > t_{\phi n}(i+1), \\ > 0, t_{\phi}^{\phi}(i, i+1) < t_{\phi}^{\phi n}(i, i+1) \wedge \Delta t_o(i+1) = 0, \\ > 0, t_{\phi}^{\phi}(i, i+1) < t_{\phi}^{\phi n}(i, i+1) \wedge \Delta t_o(i+1) > 0. \end{cases} \quad (8)$$

В результате реализованных процедур ситуационного моделирования на примере доставки грузов торгово-транспортной компанией промышленного холдинга (таблица 1) было достигнуто значительное снижения срока доставки продукции в цепочке поставок, а именно, среднее время в пути стало составлять 313,78 часов, что на 47,32 часа меньше, чем исходное фактическое время всей цепочки поставок, а средний коэффициент изменения длительности поставок снизился с 1,35 до 1,17. Полученные статистики позволили определить параметры функции плотности вероятности нормального распределения показателей фактического времени поставки для двухузловой модели (рисунок 15). Приведенные данные свидетельствуют о увеличении числа поставок категорий «точно в срок» + «раньше» с 81% до 96%. При этом, наблюдается снижение среднего фактического времени поставки  $(\overline{t_{\phi 2}} - \overline{t_{\phi 1}}) \cong 2$  часа при, практически, двукратном снижении стандартного отклонения, что характеризует значительное увеличение точности и стабильности функционирования транспортно-логистической системы (рисунок 16).

Таблица 1 – Моделирование временных показателей двухузловых маршрутов транспортно-логистической цепочки поставок

NN	Двухузловой маршрут цепочки поставок		Расстояние, км	Плановая длительность, час	До внедрения модели		После внедрения модели		$\overline{\Delta_k}$ Изменение
					$\overline{K_{изм.k}}^*$	$\overline{\Delta_k}^{**}$	$\overline{K_{изм.k}}^*$	$\overline{\Delta_k}^{**}$	
1	ст. Джебказган	ст. Кызылжар	164	22,0	1,48	10,52	1,41	8,96	1,56
2	ст. Кызылжар	ст. Жомарт	47	5,20	1,42	2,16	1,21	1,08	1,08
3	ст. Жомарт	ст. Атасу	68	7,50	1,49	3,70	1,21	1,54	2,16
4	ст. Атасу	ст. Жанаарка	48	5,30	1,26	1,38	1,26	1,38	0,00
5	ст. Жанаарка	ст. Жарык	91	10,0	1,60	6,00	1,10	0,96	5,04
6	ст. Жарык	ст. Акадыр	78	8,70	1,47	4,10	1,11	0,94	3,16
7	ст. Акадыр	ст. Мойынты	137	15,3	1,39	5,90	1,21	3,14	2,76
8	ст. Мойынты	ст. Кияхты	334	70,00	1,25	17,68	1,07	4,96	12,72
9	ст. Кияхты	ст. Берлик I	104	24,10	1,33	7,94	1,20	4,70	3,24
10	ст. Берлик I	ст. Шу	8	1,90	1,20	0,38	1,20	0,38	0,00
11	ст. Шу	ст. Луговая	115	15,90	1,40	6,34	1,21	3,26	3,08
12	ст. Луговая	ст. Тараз	117	16,10	1,34	5,50	1,13	2,14	3,36
13	ст. Тараз	ст. Асса	32	6,10	1,08	0,50	1,08	0,50	0,00
14	ст. Асса	ст. Каратау	58	11,10	1,48	5,38	1,21	2,38	3,00
15	ст. Каратау	ст. Актаутас	20	3,80	1,19	0,72	1,19	0,72	0,00
16	ст. Актаутас	ст. Жанатас	67	12,90	1,21	2,70	1,21	2,70	0,00
17	ст. Жанатас	ст. Шолаккорган	55	12,00	1,40	4,84	1,40	4,84	0,00
18	ст. Шолаккорган	Рудник	386	20,0	1,37	7,36	1,06	1,20	6,16
Итого (суммарная плановая длительность всей поставки, $T_{пл} = \sum_{k=1}^{K=K} t_{норм.nk}$ , часы):				268,00					
Средний коэффициент изменения длительности поставок $n = \overline{1, N}$ (N=25) по всем маршрутам $k = \overline{1, K}$ (K=18) $\overline{K_{изм}} = \frac{\sum_{k=1}^{K=K} \sum_{n=1}^{n=N} \frac{t_{фнк}}{t_{норм.nk}}}{K};$					1,35		1,17		
Суммарная величина средних отклонений длительности поставок по всем маршрутам $k = \overline{1, K}$ (K=18) цепочки $\overline{\Delta_{сум}} = \sum_{k=1}^{K=K} \overline{\Delta_k}$ :						93,1		45,78	47,32
Суммарное фактическое время цепочки поставок $n = \overline{1, N}$ (N=25) по всем маршрутам $k = \overline{1, K}$ (K=18) $T_{ф} = T_{пл} + \Delta_{сум}$ :						361,10		313,78	
<p>*Коэффициент изменения длительности поставок <math>n = \overline{1, N}</math> (N=25) на маршруте <math>k = \overline{1, K}</math> (K=18)  <math display="block">\overline{K_{изм.k}} = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{t_{фнк}}{t_{норм.nk}},</math> где <math>t_{фнк}</math> – фактическое время длительности поставки n на маршруте k; <math>t_{норм.nk}</math> - нормативное (плановое) время поставки n на маршруте k; N – количество исследуемых поставок по маршруту k.</p> <p>**Отклонение длительности поставок <math>n = \overline{1, N}</math> (N=25) на маршруте <math>k = \overline{1, K}</math> (K=18)  <math display="block">\overline{\Delta_k} = \sum_{n=1}^{n=N} (t_{фнк} - t_{норм.nk}).</math></p>									



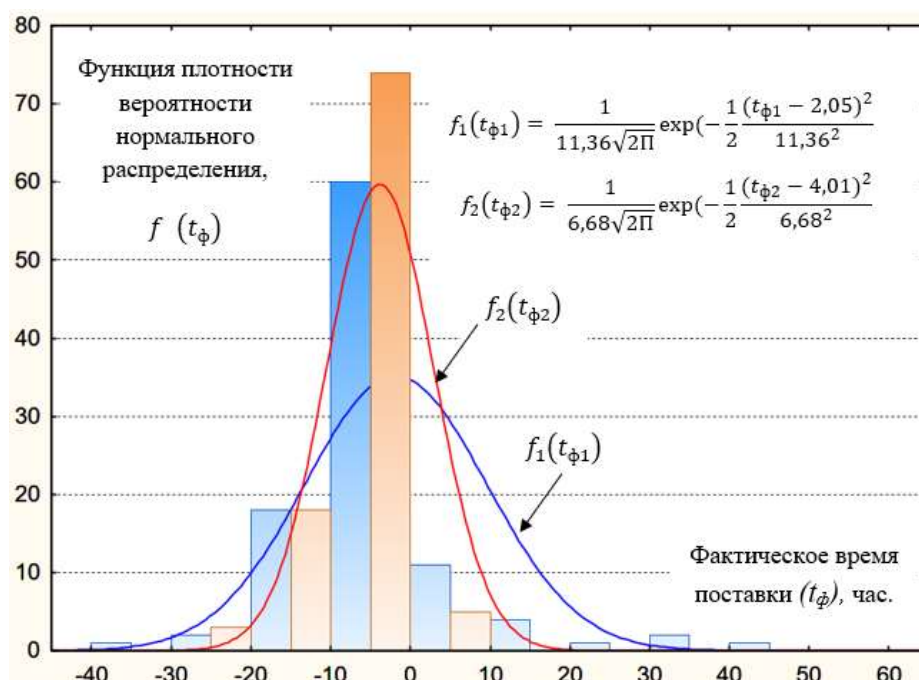


Рисунок 15 – Функции плотности вероятности нормального распределения показателей фактического времени ( $t_{\phi}$ ) для двухузловой модели ( $f_1(t_{\phi1})$  – функция плотности вероятности фактического времени до внедрения модели;  $f_2(t_{\phi2})$  – функция плотности вероятности фактического времени после внедрения модели)

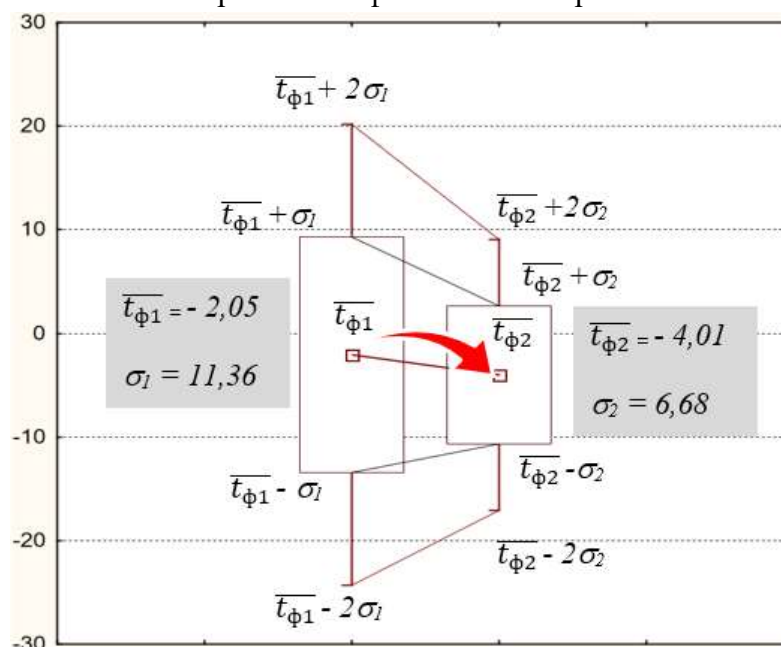


Рисунок 16 – Изменение показателей фактического времени для двухузловой модели цепочки поставок ( $\bar{t}_{\phi1}$ ,  $\sigma_1$  – среднее и стандартное отклонение фактического времени до внедрения модели;  $\bar{t}_{\phi2}$ ,  $\sigma_2$  – среднее и стандартное отклонение фактического времени после внедрения модели)

Таким образом, в результате проведенных исследований сформированы основные этапы механизма ситуационного управления цепочками поставок в транспортно-логистической системе промышленного холдинга (рисунок 17).

**1 ЭТАП. ВОСПРОИЗВОДСТВО РЕЖИМОВ, УСЛОВИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ СТАТУСА ПОСТАВКИ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**

- формирование базы данных поставщиков и логистических операторов;
- расчет временных нормативов плеч доставки, оценка сроков пребывания заказа на каждом плече;
- расчет тарифов для различных видов транспорта по каждому расчетному плечу доставки груза;
- расчет тарифов для различных видов грузовых операций;
- формирование исходного множества схем доставки, структурированных по показателям надежности, скорости и стоимости;
- расчет стоимости логистических операций по каждой цепочке поставок исходя из условий конкретного заказчика;
- обоснование и выбор варианта реализации схемы поставок и согласование условий договора поставки груза;
- формирование и согласование точек оперативного контроля, выбор методов и моделей интеграции получаемых данных с различными информационными системами участников процесса поставки.

**2 ЭТАП. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ВСЕХ УЧАСТНИКОВ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

- заключение договоров с клиентами и решение задачи выбора поставщиков/производителей и логистических операторов в цепочке поставок с учетом условий поставки;
- заключение смарт-контрактов с поставщиками и логистическими операторами для контроля различных этапов поставки и расчета выплат вознаграждения после выполнения заказа;
- обеспечение корректности анализа и обработки ретроспективной транспортно-логистической информации, а также своевременной регистрации исполнения запланированных обязательств всеми участниками цепочки поставок в рамках сформированных смарт-контрактов на основе использования технологии «блокчейн».

**3 ЭТАП. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПРАВЕДЛИВОЙ ЦЕНЫ**

- установление взаимосвязей комплекса стоимостных характеристик поставки, надежности исполнения и уровня рыночных цен на перевозку, позволяющих на стадии оперативного контроля в автоматическом режиме получать данные о ее текущем состоянии;
- выявление причин и ответственных за возможные сбои и отклонения относительно плановых заданий основных транспортно-логистических показателей на базе использования механизма «IoT 4.0».

**4 ЭТАП. СЦЕНАРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИТУАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ**

- формирование исходного множества ситуационных схем поставок;
- генерация возможных ситуаций в транспортных узлах;
- ситуационное моделирование временных и стоимостных показателей основных операторов на основе разработанной логико-временной схемы варьирования показателей отклонений в системах управления цепочками поставок по критериям «total cost»;
- разработка подходов к фиксации величины отклонений в сроках реализации поставки и определение потенциальных возможностей корректировки схемы поставки для непосредственного ее выполнения точно в срок;
- корректировка схемы поставки и контроль ее дальнейшего выполнения с учетом зафиксированных фактов отклонения.

**5 ЭТАП. ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ БОНУСОВ И ШТРАФОВ ЗА ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ И ВОЗМОЖНЫЕ СРЫВЫ СРОКОВ ПОСТАВКИ**

- мониторинг и фиксация данных из IoT 4.0 о прохождении груза через точки оперативного контроля и передача данных в модуль блокчейна для реализации процедур окончательного расчета за выполнение обязательств каждым участником цепочки поставок;
- окончательный расчет величины вознаграждений логистических операторов в системе ERP.

Рисунок 17 – Механизм ситуационного управления цепочками поставок в транспортно-логистической системе промышленного холдинга

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена важная научная и практическая задача, заключающаяся в разработке методов и моделей совершенствования управления транспортно-логистической системой промышленного холдинга на основе определения индивидуальной ответственности, уровня справедливой цены и достоверного оперативного контроля временных и стоимостных показателей основных участников-операторов целевыми схемами поставок.

Основные выводы и рекомендации, полученные лично автором, заключаются в следующем:

1. Проведен теоретико-информационный анализ эффективности создания рыночного 4PL-оператора на базе транспортно-логистического подразделения промышленного холдинга, определивший концепцию и потенциал для масштабных изменений транспортной логистики и позволивший решить задачу оптимизации и регламентации транспортно-складских бизнес-процессов логистического подразделения на базе системного анализа план-фактных показателей, реализовать возможность быстрого реагирования на изменения в сроках и условиях формирования грузопотоков, а при возникновении существенных отклонений своевременно принимать эффективные управленческие решения, направленные на поиск оптимального баланса логистических затрат.

2. Разработана модель управления целевыми схемами цепочки поставок в промышленных холдингах, базирующаяся на использовании технологий индустрии 4.0 и позволяющая реализовать фиксацию в режиме реального времени комплекса основных параметров коммуникативных связей в группе логистических операторов (сроки, состав, стоимость), а также осуществить информационно-логическое управления параметрами системных отклонений транспортно-логистического процесса.

3. Выявлены взаимосвязи комплекса стоимостных показателей поставки, надежности ее исполнения и уровня рыночных цен на перевозку груза, позволившие разработать логико-временную схему варьирования показателей отклонений и осуществить процедуру ситуационного моделирования цепочки

поставок, обеспечивающую в режиме реального времени воспроизведение закономерностей изменения пространственно-временных и стоимостных параметров в системе межузловых переходов целевых схем поставок.

4. Разработан механизм ситуационного управления цепочками поставок в транспортно-логистической системе промышленного холдинга, базирующийся на основе воспроизводства режимов, условий функционирования и контроле статуса поставки в транспортно-логистической системе, определении уровня индивидуальной ответственности каждого участника транспортно-логистического процесса, сценарном моделировании множества возможных ситуаций, возникающих в транспортных узлах и обосновании системы бонусов и штрафов за потенциальное ускорение и возможные срывы сроков.

5. Разработана проблемно-ориентированная система оптимизации функций планирования и управления погрузочно-разгрузочными операциями в транспортных узлах цепочки поставок, которая позволяет реализовать процесс эффективного взаимодействия логистических подразделений в рамках единой логистической системы и осуществить оптимизацию транспортных расходов предприятия на основе анализа вариантов функционирования разработанных логистических схем.

6. Предложен системный подход и реализована процедура структурно-параметрического синтеза многоуровневой логистической системы совершенствования управления транспортными операциями, позволяющие решить задачу оптимизации временных и стоимостных показателей основных участников-операторов системы управления цепочками поставок на основе многофакторного анализа сформированного множества вариантов реализации разработанных логистических схем.

Основные положения диссертационной работы изложены в следующих опубликованных работах.

*В перечне, рекомендованном ВАК Минобрнауки России:*

1. **Кудайберген К.Ж.** Модели определения справедливой цены в системах управления цепочками поставок крупных промышленных холдингах // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2021.- №5.- С.154-163. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-5-154-163;

2. **Кудайберген К.Ж.** Инновационные методы и модели планирования и управления целевыми схемами поставок в промышленных холдингах // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. - 2021. - №3.– С. 53-66. DOI: 10.21685/2072-3059-2021-3-6;

3. **Кудайберген К.Ж.** Разработка многоуровневой логистической модели совершенствования системы управления транспортными операциями // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2022.- №3.- С.201-209. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-3-201-209.

*В перечне изданий, индексируемых в международной цитатно-аналитической базе Scopus:*

4. **Кудайберген К.Ж.** Методы и модели создания рыночного 4PL-оператора на базе логистического подразделения крупного промышленного холдинга. Горные науки и технологии. 2021;6(2):90-104.<https://doi.org/10.17073/2500-0632-2021-2-90-104>.