

На правах рукописи



ЦЯО ЦУН

**ФОРМИРОВАНИЕ «ЗЕЛЕННЫХ» ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК
В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ
(НА ПРИМЕРЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЧУНЦИН – ЕКАТЕРИНБУРГ)**

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 – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения».

Научный руководитель: Журавская Марина Аркадьевна, кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты: Рахмангулов Александр Нельевич, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», профессор кафедры «Логистика и управление транспортными системами»

Покровская Оксана Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», доцент кафедры «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II»

Защита состоится «23» декабря 2016 года в 14.00 на заседании диссертационного совета Д 218.013.02 на базе ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС) по адресу: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, зал диссертационного совета, ауд. Б2-15.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения». Адрес сайта, на котором размещена диссертация и автореферат: <http://www.usurt.ru>.

Автореферат разослан «23» ноября 2016 г.

Отзывы на автореферат, заверенные гербовой печатью, просим направлять в двух экземплярах в адрес диссертационного совета по почте.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



Н.Ф. Сирина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время усиливающаяся конкуренция и нестабильная бизнес-среда предъявляют повышенные требования к качеству обслуживания не просто конкретного предприятия, а совокупности предприятий, входящих в состав логистической цепи поставок (ЛЦП). На рынке соревнуются именно цепи поставок, и успех бизнеса отдельного предприятия во многом зависит от того, насколько стабильна, устойчива та логистическая цепь, в которую это предприятие входит.

Концепция устойчивого развития и охрана окружающей среды – это те темы, которые волнуют общество, экономику и, естественно, транспорт. Однако существующие транспортно-логистические цепи усугубляют экологические проблемы, негативно влияя на здоровье людей и природу, именно поэтому глобальные изменения окружающей среды становятся для них серьезной проверкой. А ориентация только на традиционные экономические показатели может иметь самые негативные последствия. Назрела необходимость учета влияния экологических последствий на среду обитания человека от функционирования цепей поставок. Успешно решить такую задачу можно лишь опираясь на концепцию устойчивого развития, которая учитывает не только экономические и социальные факторы в системе показателей природопользователей, но также и экологические. В связи с этим требуется экологическая корректировка показателей транспортной отрасли в целом и транспортно-логистической цепи в частности. Учет экологических факторов при формировании ЛЦП определяет «зеленые» цепи поставок, которые мало изучены с научной точки зрения.

Таким образом, исследование и разработка в области формирования «зеленых» цепей поставок в качестве объективного инструмента бизнеса в условиях экологизации общества являются актуальной научной задачей.

Степень разработанности темы. Философской основой осмысления процессов экологизации в обществе послужили труды таких ученых, как Р.Ф. Абдеева, В.И. Вернадского, Ч. Дарвина, Р. Декарта, И. Канта, Н.Н. Моисеева, Д.И. Менделеева, И. Мечникова, П.Т. де Шардена и др.

Определенный вклад в вопросы включения экологического аспекта в вопросы функционирования логистических цепей поставок внесли зарубежные ученые: А. Ангелута, Д. Бауэрсокс, Дань Бинь, Ван Цзиньшэн, Хань Вэнсю, У Дичун, И.Р. Картер, С. Костеа, Д.М. Ламберту, Хуан Лэй, Шань Миюнь, Э. Мюллер, Фан На, Р. Наримхан, М. Портер, Лю Фэй, Цзян Хунвэй, Ма Шхуа, Чжу Цзиньхуа, У Чуньюу и др., а также российские ученые: К. Александрова, В.А. Антропов, Р.Я. Вакуленко,

А.Н. Воронков, М.А. Журавская, Д. Кабертай, А. Кизим, Е.Ю. Кузнецова, Л.Б. Миротин, А.Г. Некрасов, М.Б. Петров, В.И. Сергеев, А.Г. Точков, И.П. Эльяшевич и др.

Целью диссертационного исследования является разработка механизма формирования «зеленых» цепей поставок в условиях временной неопределенности в международном транспортно-логистическом пространстве.

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

1. Выполнить анализ существующих теоретических подходов к формированию «зеленых» цепей поставок в разных странах в условиях устойчивого развития;
2. Исследовать и уточнить понятийно-терминологический аппарат «зеленой» логистики и управления «зелеными» цепями поставок, обозначить периодизацию их развития;
3. Сформулировать отличительные особенности построения цепей поставок в условиях экологизации общества;
4. Разработать математическую модель «зеленой» цепи поставок в условиях временной неопределенности;
5. Определить условия формирования «зеленых» цепей поставок в международном транспортно-логистическом пространстве в условиях неопределенности.

Объект исследования: прямые и обратные потоки поставок оборудования и запчастей в направлении Чунцин (Китай) – Екатеринбург (Россия).

Предмет исследования: «зеленые» цепи поставок в условиях неопределенности по времени выполнения различных логистических операций на разных этапах прохождения материального потока.

Методология и методы исследования. В основу методологии исследования положены современные представления о социально-экономических системах и их организационно-экономическом взаимодействии. В работе использованы методы системного анализа, экономико-математические и эвристические методы, в том числе статистический анализ, оптимизационное моделирование, теории вероятностей и статистического моделирования.

Научная новизна исследования:

1. Впервые представлены теоретические положения по определению концепции управления бизнесом в переходном периоде от рынка с «коричневой» экономикой (характеризующейся высоким уровнем загрязнения окружающей среды) к устойчивому развитию. Предлагается эколого-логистическая концепция управления, основанная на аналогичной роли логистики и экологии в современном обществе, а ее эффективным инструментом становятся «зеленые» цепочки поставок.
2. Исследован и уточнен понятийно-терминологический аппарат «зеленой» логистики и управления «зелеными» цепями поставок, сформулированы их основ-

ные характеристики с учетом неопределенности. Выявлена трансформационная роль фактора «время» в «зеленых» цепях поставок.

3. Сформулированы отличительные особенности построения цепей поставок в условиях экологизации общества. Для системного решения задач исследования автором создана и впервые представлена классификация неблагоприятных экологических последствий при формировании и функционировании объектов транспортно-логистической инфраструктуры, позволяющая разработать интегральную экологическую оценку деятельности различных звеньев цепей поставок.

4. Разработана математическая модель «зеленой» цепи поставок в условиях временной неопределенности. Впервые предложено использовать имитационную модель, основанную на бета-распределениях времени выполнения логистических операций, для оценки времени прохождения материальных потоков по ЗЦП.

5. Определены условия и механизм формирования «зеленых» цепей поставок в международном транспортно-логистическом пространстве.

Теоретическая и практическая значимость исследования.

Теоретическая значимость исследований состоит в предложенной математической модели «зеленой» цепи поставок в условиях временной неопределенности и новых положений теории устойчивого развития для формирования «зеленых» цепей поставок, что позволяет повысить эффективность научных исследований при создании транспортных коридоров в международном транспортно-логистическом пространстве.

Практическая значимость работы состоит в разработанной методике решения задачи расчета времени выполнения логистических операций, позволяющей существенно снизить неопределенность продвижения материальных потоков по логистической цепи. Результаты имитационного моделирования представляют практический интерес при проектировании новых и трансформации существующих цепей поставок в «зеленые» цепи поставок.

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты анализа и уточненный понятийно-терминологический аппарат «зеленой» логистики и управления «зелеными» цепями поставок.

2. Дескриптивная модель «зеленой» цепи поставок как продукт эколого-логистической концепции управления транспортным бизнесом.

3. Методика определения времени прохождения материальных потоков по различным узловым и линейным элементам «зеленой» цепи поставок.

4. Условия и механизм формирования «зеленых» цепей поставок в международном транспортно-логистическом пространстве в условиях временной неопределенности.

Степень достоверности результатов подтверждается: методологической основой исследования, выполненного на актуальных представлениях о процессах формирования и настройки логистических цепей поставок; использованием признанных наработок формирования ЛПЦ отечественных и зарубежных ученых; корректностью применения математического аппарата теории вероятности и статистического моделирования; аргументированным использованием в математических моделях гипотез и допущений; непротиворечием результатов выполненных расчетов реальным ЛЦП.

Основные положения диссертации обсуждались на конференциях и совещаниях: Всероссийская научно-техническая конференция «Транспорт Урала» (Екатеринбург, УрГУПС, 2013), Международная научная конференция «Проблемы и достижения транспортного комплекса» (Екатеринбург, УрГУПС, 2014), VII Международный симпозиум Ассоциации железнодорожных университетов и организаций Европы и Азии «Состояние развития евро-азиатских международных транспортных коридоров» (Далянь, Китай, 2014), межвузовская студенческая научно-практическая конференция с международным участием «От теории к практике» (Екатеринбург, УрФУ, 2014), научно-практическая конференция с международным участием «Качество, системность и партнерство в современной экономике: от качества управления до качества жизни» (Москва, МИИТ, 2015), VIII Международный симпозиум Ассоциации железнодорожных университетов и организаций Европы и Азии «Проблемы и перспективы развития евро-азиатских международных транспортных коридоров» (Нанкин, Китай, 2015), межвузовская научно-практическая конференция «Бенчмаркинговые технологии решения транспортных проблем» (Екатеринбург, УрГУПС, 2015), IX Международный симпозиум Ассоциации железнодорожных университетов и организаций Европы и Азии «Научное сотрудничество в железнодорожной отрасли стран Азиатско-Тихоокеанского региона» (Екатеринбург, УрГУПС, 2016).

Публикации. Основные положения диссертационной работы, ее научные результаты опубликованы в 8 печатных работах общим объемом 5,3 п.л., в том числе три печатных работы опубликованы в изданиях, входящих в «Перечень изданий, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций».

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, содержащего 158 источников, и трех приложений. Содержание изложено на 144 машинописных страницах, включает 23 таблицы и 26 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, определена степень ее разработанности, сформулированы цели и задачи исследова-

ния, объект и предмет исследования, изложены элементы научной новизны, методология, методы исследования и положения, выносимые на защиту.

В первой главе на основе эволюционного анализа развития бизнес-цепочек установлено, что в условиях перехода общества с «коричневой» экономикой (характеризующейся высоким уровнем загрязнения окружающей среды и зависимой от энергии, извлекаемой из ископаемого топлива) на принципы устойчивого развития доминирующей концепцией этого периода становится эколого-логистическая концепция, а «зеленые» цепи поставок ее эффективным инструментом (таблица 1).

Таблица 1 – Эволюция развития концепций управления бизнесом

Рыночная среда				Устойчивое развитие
Концепция управления	Менеджмент	Маркетинг	Логистика	Эко-логистика
Временные границы				
США, Зап. Европа	Конец XIX – 20-е гг. XX в.	1920–1970-е гг.	70-е гг. XX в. – 20-е гг. XXI	Примерно 20-е гг. XXI в.
Китай	1980–1995 гг.	1995–2008 гг.	2008–2020 гг.	
Россия	1990–1997 гг.	1998–2005 гг.	2005–2020 гг.	
Характеристика				
Рынок	Рынок не насыщен	Рынок стремится к насыщению	Рынок перенасыщен	Трансформация рынка
Экономика (повышение прибыли)	Увеличение объемов производства, снижение себестоимости	Увеличение доли рынка	Повышение качества, снижение логистических затрат	Повышение качества жизни
Общество	Улучшение условий труда	Усиление мотивации внешних и внутренних клиентов	Улучшение сервиса транспортно-логистического обслуживания	Обеспечение равных возможностей
Окружающая среда	Дотации у природы	Принцип разумной достаточности	Принцип справедливости	Принцип трансформации
Бизнес-цепочки	Производственные цепочки	Сбытовые цепочки	Логистические цепи поставок	«Зеленые» цепи поставок

Определено, что для экономики Запада характерны короткие цепи поставок; их развитие идет в направлении виртуальных сетей на основе применения информационных технологий и эффективных технологий менеджмента. Для России же отправной точкой роста национального транспортного комплекса по-прежнему остается транспортная работа и обеспечение загрузки транспортно-складских (терминальных) мощностей. Транспорт России ориентирован на длинные цепи поставок, эксплуатацию и сервисное обслуживание сложной техники с длительным жизненным циклом. Кроме того, необходимость организации именно длинных цепей поставок в РФ определяется ее огромным территориальным охватом (таблица 2).

Таблица 2 – Основные характеристики «зеленых» цепей поставок двух типов

Характеристика	«Зеленые» цепи поставок	
	короткая	длинная
Доля времени транспортных операций в общем объеме логистических операций	Не превышает 20–30 %	Свыше 30 %
Количество участников в ЦП	Не более 5	Более 5
Модель цепи	Виртуальные сети	Реальные цепи
Механизм функционирования	Информационные технологии	Организационно-технологический
Использование «зеленых» технологий в звеньях	Производство, закуп, сбыт	Производство, закуп, сбыт, склад, транспорт

В связи с вышесказанным уточнено понятие «"зеленая" цепь поставок», которое будет корректно как для короткой, так и для длинной цепи поставок.

«Зеленой» цепью поставок называется такая цепь поставок, в которой результатом деятельности ее звеньев является повышение качества жизни человека за счет внедрения «зеленых» технологий (снижение неблагоприятного физического воздействия на окружающую среду, экономия энергоресурсов, рациональное управление отходами и др.). При этом все звенья такой цепи поставок (не только производство, закуп и сбыт, но и транспорт, и склад) должны использовать в своей деятельности эколого-ориентированные технологии (рисунок 1).

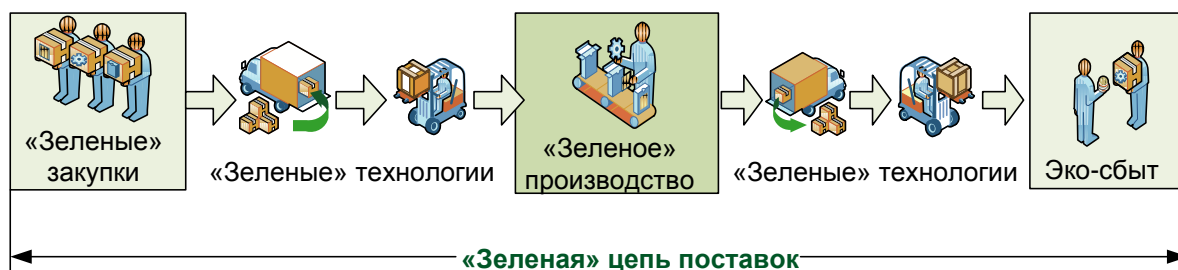


Рисунок 1 – «Зеленая» цепь поставок

В качестве «зеленой» технологии на транспорте предложена организация мультимодальной перевозки, в которой роль экологически неблагоприятных видов транспорта максимально снижена.

Во второй главе представлено общее понятие о формировании и настройке «зеленой» цепи поставок, для чего разработана дескриптивная модель «зеленой» цепи поставок и построена ее математическая модель. Дескриптивная модель – матрица «зеленой» цепи поставок – представлена на рисунке 2; в ней оптимальным образом сочетаются принципы и требования общества, экономики и окружающей среды к цепям поставок.



Рисунок 2 – Матрица «зеленой» цепи поставок

Определены факторы, влияющие на формирование «зеленых» цепей поставок: в эколого-экономической сфере – это стоимостные факторы (C), в социально-экономической – времени (T), а в социально-экологической – экологические (E).

Было введено и математически формализовано в виде весового графа понятие транспортно-логистического пространства как совокупности линейных и узловых элементов (ребер и вершин графа). Веса графа представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Веса ребер и вершин графа

Факторы	Показатель	
Стоимостные	C_k	Стоимость прохождения груза через вершину v_k
	C_{ik}	Стоимость прохождения груза по ребру (v_i, v_k)
Экологические	E_k	Показатели экологического ущерба от прохождения груза через вершину v_k
	E_{ik}	Показатели экологического ущерба от прохождения груза по ребру (v_i, v_k)
Временные	t_k^{\min}	Минимально возможное значение времени прохождения груза через вершину v_k
	t_{ik}^{\min}	Минимально возможное значение времени прохождения груза по ребру (v_i, v_k)
	t_k^{\exp}	Ожидаемое значение времени прохождения груза через вершину v_k

t_{ik}^{exp}	Ожидаемое значение времени прохождения груза по ребру (v_i, v_k)
t_k^{max}	Максимально возможное значение времени прохождения груза через вершину v_k
t_{ik}^{max}	Максимально возможное значение времени прохождения груза по ребру (v_i, v_k)

Точное значение времени, за которое груз проходит по ребру v_i, v_k (через вершину v_k), обозначим через T_{ik} (через T_k). Очевидно, что T_k и T_{ik} являются случайными величинами, их плотности распределения обозначим через $f_k(t)$ и $f_{ik}(t)$.

В диссертационной работе показано, что T_k и T_{ik} имеют бета-распределение (см. рис. 2), и предложены формулы для вычисления его параметров, в соответствии с которыми:

$$f_k(t) = \begin{cases} \gamma_k (t - t_k^{\min})^{\alpha_k - 1} (t_k^{\max} - t)^{\beta_k - 1} & \text{при } t \in [t_k^{\min}; t_k^{\max}], \\ 0 & \text{при } t \notin [t_k^{\min}; t_k^{\max}], \end{cases} \quad (1)$$

$$f_{ik}(t) = \begin{cases} \gamma_{ik} (t - t_{ik}^{\min})^{\alpha_{ik} - 1} (t_{ik}^{\max} - t)^{\beta_{ik} - 1} & \text{при } t \in [t_{ik}^{\min}; t_{ik}^{\max}], \\ 0 & \text{при } t \notin [t_{ik}^{\min}; t_{ik}^{\max}], \end{cases} \quad (2)$$

где

$$\alpha_k = \frac{4t_k^{\text{exp}} + t_k^{\max} - 5t_k^{\min}}{t_k^{\max} - t_k^{\min}}, \quad \beta_k = 6 - \alpha_k, \quad \gamma_k = \frac{(t_k^{\max} - t_k^{\min})^{1 - \alpha_k - \beta_k}}{B(\alpha_k, \beta_k)}, \quad (3)$$

$$\alpha_{ik} = \frac{4t_{ik}^{\text{exp}} + t_{ik}^{\max} - 5t_{ik}^{\min}}{t_{ik}^{\max} - t_{ik}^{\min}}, \quad \beta_{ik} = 6 - \alpha_{ik}, \quad \gamma_{ik} = \frac{(t_{ik}^{\max} - t_{ik}^{\min})^{1 - \alpha_{ik} - \beta_{ik}}}{B(\alpha_{ik}, \beta_{ik})}, \quad (4)$$

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dx. \quad (5)$$

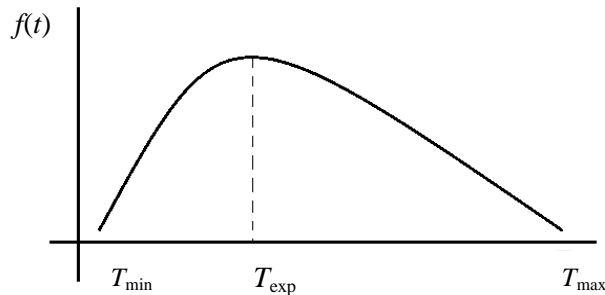


Рисунок 3 – Плотность вероятности бета-распределения.

Пусть $S = \{v_{k_1}, v_{k_2}, \dots, v_{k_m}\}$ – произвольный путь между вершинами v_1 и v_n в графе G (здесь для единообразия записи обозначили вершины v_1 и v_n через v_{k_1} и v_{k_m} соответственно). Стоимость, экологический ущерб и время для пути S вычисляются по формулам:

$$C(S) = \sum_{j=1}^m C_{k_j} + \sum_{j=1}^{m-1} C_{k_j k_{j+1}}, \quad (6)$$

$$E(S) = \sum_{j=1}^m E_{k_j} + \sum_{j=1}^{m-1} E_{k_j k_{j+1}}, \quad (7)$$

$$T(S) = \sum_{j=1}^m T_{k_j} + \sum_{j=1}^{m-1} T_{k_j k_{j+1}}. \quad (8)$$

Величина $T(S)$ является суммой случайных величин, каждая из которых имеет бета-распределение, но, как известно, сумма величин, имеющих бета-распределение, не является бета-распределенной случайной величиной. Более того, функцию распределения или плотность вероятности такой величины нельзя представить в виде аналитического выражения. Поэтому в диссертационной работе для отыскания закона распределения случайной величины $T(S)$ используют средства имитационного моделирования.

Каждая из случайных величин T_k и T_{ik} разыгрывается N раз. Затем для каждого розыгрыша вычисляем значение времени $T(S)$, которое необходимо для прохождения груза по пути S . В итоге получаем выборку из N значений случайной величины $T(S)$. По этой выборке строим эмпирическую функцию распределения $F_S^N(t)$.

При выборе оптимальной логистической цепочки фактор времени может учитываться по-разному. Например, можно минимизировать среднее время поставок, отклонение от среднего времени, долю поставок, которые не выполнены в срок и т.д. В качестве минимизируемой величины может также выступать $T_\lambda(S)$ – λ -квантиль случайной величины $T(S)$.

Каждый из этих случаев сводится к тому, что по заданной функции $F_S^N(t)$, которая однозначно определяется выбором пути S , вычисляется некоторое числовое значение (среднее отклонение, доля несвоевременных поставок и т.д.), которое необходимо минимизировать, варьируя путь S . Поэтому оптимизацию логистической цепочки по фактору времени можно свести к минимизации некоторого функционала, определенного на множестве всех возможных путей, который мы обозначим через $\Theta(S) = \Theta(F_S)$ (конкретный вид функционала зависит от того, какая именно временная характеристика минимизируется).

Введенные понятия позволяют сформулировать задачу оптимизации «зеленой» цепи поставок с учетом неопределенности в виде задачи многокритериальной оптимизации маршрута в графе: найти путь в графе, который минимизирует функции $C(S)$, $E(S)$ и $\Theta(S)$ или, кратко,

$$\min\{C(S), E(S), \Theta(S)\} \text{ для } S \in W, \quad (9)$$

где W – множество всех путей в графе.

Также во второй главе проведена классификация экологических последствий от функционирования и строительства объектов транспортно-логистической инфраструктуры (рисунок 4), на основе которой предложен расчет комплексной экологической оценки «зеленой» цепи поставок.

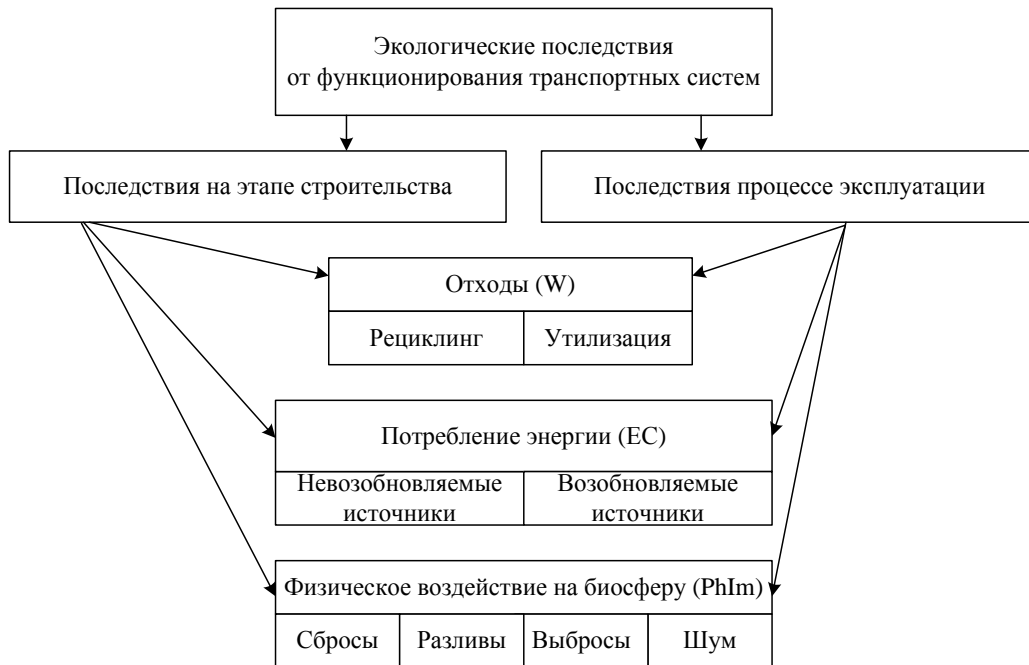


Рисунок 4 – Классификация экологических последствий функционирования транспортных систем

Комплексную оценку (на основе мультипликативной свертки), которая интегрально будет учитывать экологические последствия от работы транспорта, рассчитаем как среднегеометрическую величину:

$$K_0 = \sqrt[3]{K_W K_{EC} K_{PhIm}}, \quad (10)$$

где K_W – коэффициент, учитывающий работу вида транспорта с отходами (от англ. wastes);

K_{EC} – коэффициент, учитывающий энергопотребление вида транспорта (от англ. – energy consumption);

K_{PhIm} – коэффициент, учитывающий физическое воздействие вида транспорта на биосферу (выбросы в атмосферу NO_x , SO_x , разливы нефти, сбросы в почву и водоемы, шум и др.) (от англ. – physical impact).

В третьей главе сформулирована концепция определения ценности (CV) или эффективности «зеленой» цепи поставок как отношение качества жизни (QL) к характеристикам ЦП – времени (T), затратам (C), экологическим факторам (E). При этом отмечено, что в настоящее время в мире отсутствует общепринятая методика определения качества жизни.

$$CV = \frac{QL}{C \cdot T \cdot E}. \quad (11)$$

Реализация эффекта ценностей «зеленых» цепей поставок проявляется в высокой степени удовлетворения клиентов, минимизации всех ресурсов, а также в достижении главной цели: повышение качества жизни.

Разработана модель планирования и управления «зеленой» цепью поставок (рисунок 6).

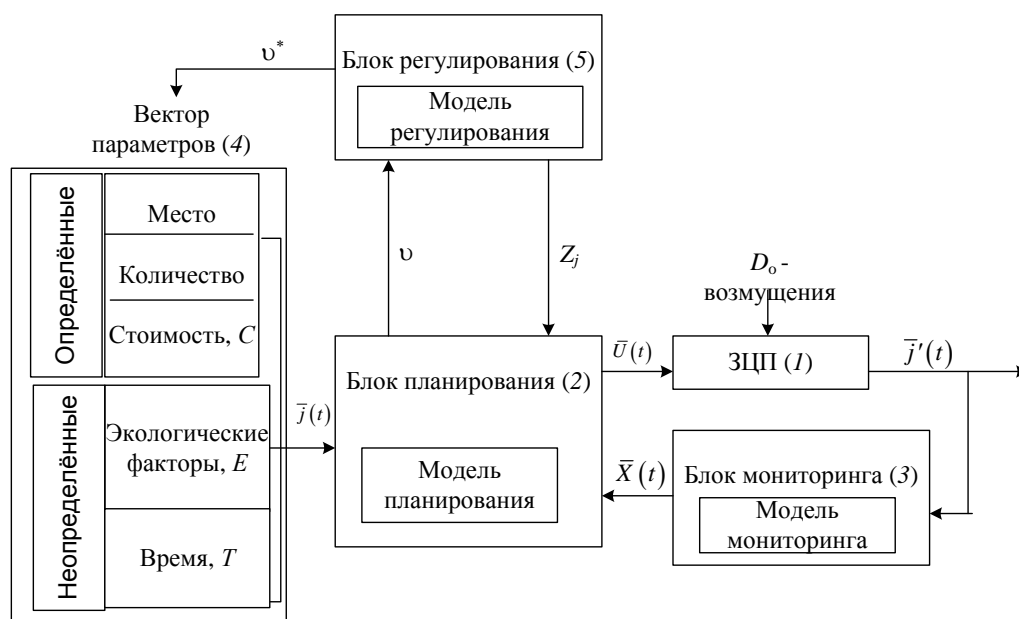


Рисунок 5 – Модель планирования и управления «зеленой» цепью поставок (ЗЦП)

В настоящей главе выполнена верификация математической модели, предложенной в главе 2. На модельном примере детально показаны все этапы реализации модели. Результаты, полученные в ходе реализации модели, полностью соответствуют ожидаемым.

В четвертой главе проанализировано направление Чунцин – Екатеринбург с точки зрения возможности формирования «зеленых» цепей поставок, сделан вывод,

что направление обладает необходимой транспортно-логистической инфраструктурой.

Обоснован механизм расчета параметров «зеленой» цепи поставок: времени – с использованием β -распределения, стоимости – на основе реальных данных (из открытых источников), экологических параметров – на основе относительных оценок разных видов транспорта по потреблению энергоресурсов и выхлопам вредных веществ.

Построено транспортно-логистическое пространство (ТЛП) на направлении Чунцин – Екатеринбург (рисунок 7) и определено Парето-оптимальное множество «зеленых» цепей поставок (таблица 4).

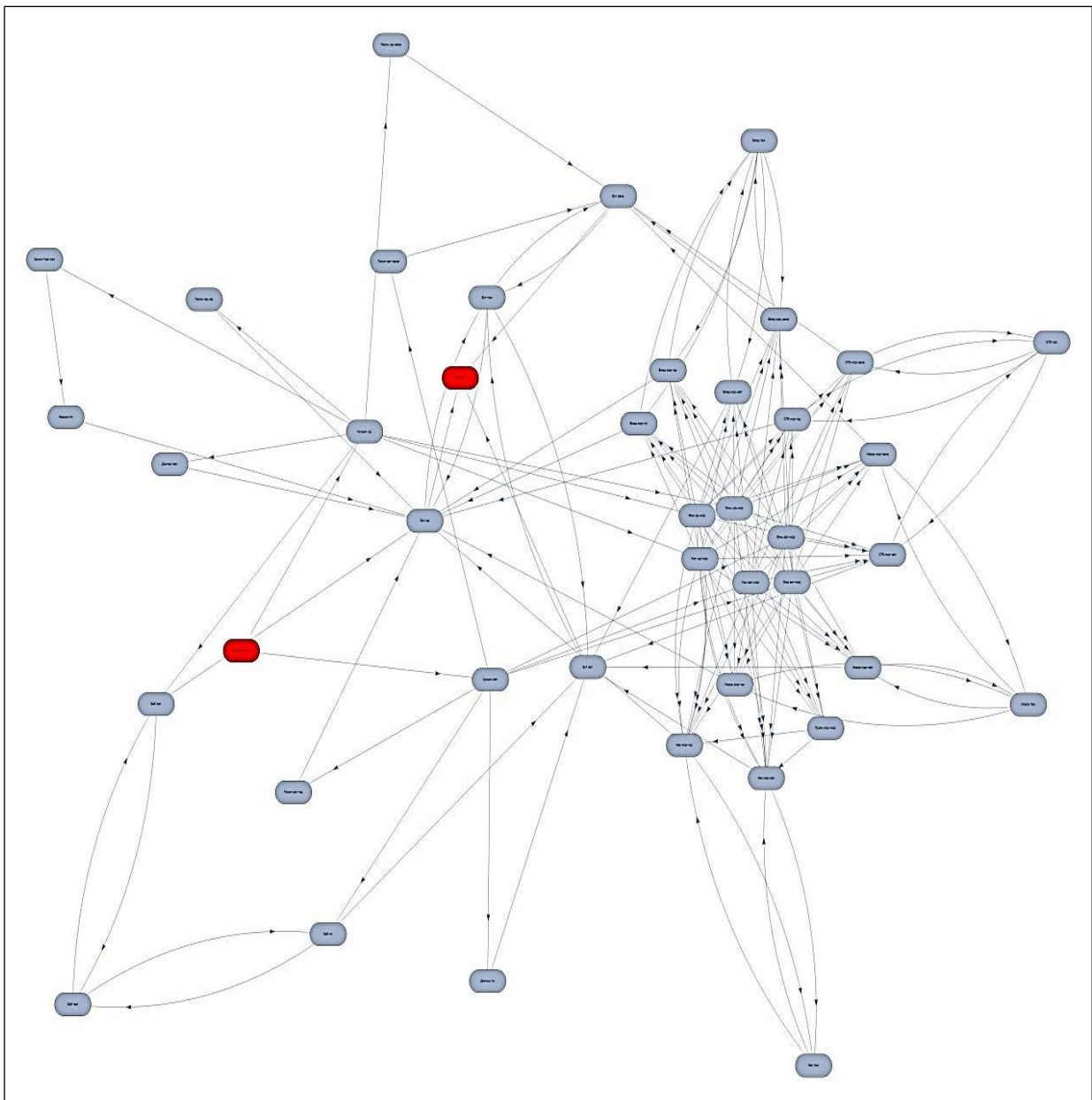


Рисунок 6 – Транспортно-логистическое пространство на направлении Чунцин – Екатеринбург

На основе метода идеальной точки из полученного Парето-оптимального множества предложен алгоритм выделения оптимальной «зеленой» цепи поставок.

Таблица 4 – Множество Парето-оптимальных решений

Цепочка поставок	Стоимость, долл.	Время доставки 95 % грузов, дн.	Эколог. ущерб, эко-км
{«Чунцин скл», «Чунцин авт», «Пекин авт-авиа», «Ект авиа», «Ект там», «Ект авиа», «Ект скл»}	13340	26	290687
{«Чунцин скл», «Чунцин авт», «Достык пп», «Ект авт», «Ект там», «Ект авт», «Ект скл»}	2520	31	244330
{«Чунцин скл», «Чунцин жд», «Пекин жд-авиа», «Ект авиа», «Ект там», «Ект авиа», «Ект скл»}	13470	26	75943
{«Чунцин скл», «Чунцин жд», «Достык пжп», «Ект жд», «Ект там», «Ект жд», «Ект скл»}	1370	35	30059
{«Чунцин скл», «Чунцин жд», «Фош жд-мор», «Влад мор-жд», «Влад там», «Влад мор-жд», «Ект жд», «Ект скл»}	1360	59	47639

Из таблицы 4 видно, что Парето-оптимизация существенно сократила множество допустимых решений (от 179 решений до 5), поэтому лицо, принимающее решение (ЛПР), может непосредственно выбрать оптимальное решение из Par . Если же множество Par велико и ЛПР сложно осуществить свой выбор, то можно воспользоваться методом идеальной точки. Для этого найдем идеальную точку

$$A^{ID} = \{C^{ID}, \Theta^{ID}, E^{ID}\} = \left\{ \min_{S \in Par} C(S), \min_{S \in Par} \Theta(S), \min_{S \in Par} E(S) \right\} = \{1360, 26, 30059\}.$$

Для любой другой точки $A = \{C(S), \Theta(S), E(S)\}$, $S \in Par$ введем «расстояние» до точки A^{ID} :

$$F(S) = \left(\frac{C(S) - C^{ID}}{C(S)} \right)^2 + \left(\frac{\Theta(S) - \Theta^{ID}}{\Theta(S)} \right)^2 + \left(\frac{E(S) - E^{ID}}{E(S)} \right)^2. \quad (12)$$

Метод идеальной точки заключается в том, что решение задачи (9) сводится к минимизации функционала $F(S)$, значения которого для всех Парето-оптимальных решений представлены в таблице 4.

В данном случае, получаем $\min_{S \in Par} F(S) = 1,066$, и этот минимум достигается на цепочке поставок {«Чунцин скл», «Чунцин жд», «Достык пжп», «Ект жд», «Ект там», «Ект жд», «Ект скл»}.

Перечислены приоритетные направления развития «зеленых» цепей поставок с точки зрения экономики, общества и окружающей среды. Предложена единая система штрафов и поощрений GreenS для разных видов транспорта, которые интегрируются в ЗЦП для организации мультимодальных перевозок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения диссертационной работы поставленные цели достигнуты, задачи решены. Основными результатами работы являются следующие положения.

1. Выполнен системный анализ отечественных и зарубежных научных трудов по вопросу формирования «зеленых» цепей поставок. Особое внимание уделено работам китайских ученых. Установлено, что интерес к проблематике диссертации резко вырос в течение последних двух лет: треть всех научных трудов по данной теме в Китае написана именно в этот период, четверть – в России. Выявлено, что в странах и регионах с высокой плотностью населения интерес к «зеленым» или экологически чистым технологиям, включая транспортно-логистическую сферу, значительно выше.

2. Создана классификация цепей поставок с учетом транспортной составляющей, которая позволила уточнить и дополнить понятие «"зеленая" цепь поставок (ЗЦП)». Установлено, что за рубежом «зеленой» цепью поставок принято называть цепь, в которой хотя бы одно звено использует экологически чистые технологии (например, «зеленое» производство или «зеленая» закупка/«зеленый» сбыт, ориентированный на экологический маркетинг и др.), при этом не учитываются вопросы транспортного обеспечения цепей поставок, основанные на «зеленых» технологиях. Автором определено, что не учитывать роль транспорта в «зеленых» цепочках можно только на начальном этапе развития. Для России и Китая, с их огромной транспортной работой, пренебрегать ролью транспорта в «зеленых» цепях поставок нельзя.

3. В условиях перехода общества на принципы устойчивого развития, когда крайне важно взаимодействие общества, экономики и окружающей среды, в диссертационном исследовании предложена дискриптивная модель (матрица) «зеленой» цепи поставок, позволяющая наглядно представить процесс их взаимодействия.

4. Для выбора оптимальной «зеленой» цепи поставок в диссертационном исследовании учитывается случайный характер времени прохождения материальных потоков по цепи поставок. При этом впервые время прохождения по различным узловым и линейным элементам описывается бета-распределением, а распределение времени движения потока по всей цепи поставок получено при помощи имитационного моделирования.

5. Задача выбора оптимальной «зеленой» ЦП сводится к задаче многокритериальной оптимизации, для решения которой может быть использован весь инструментарий теории многокритериальной оптимизации. В частности, как показал анализ транспортно-логистического пространства на направлении Чунцин – Екатеринбург, достаточно эффективным является использование Парето-оптимального множества и метода идеальной точки.

б. Полученные решения позволяют учитывать современные тенденции, связанные с формированием логистического сервиса в транспортной индустрии – формирование «зеленых» цепей поставок и их постепенный перевод в русло требований международных стандартов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов для опубликования основных научных результатов диссертаций:

1. Цяо, Ц. Анализ влияния «эффекта хлыста» на уровень обслуживания в логистической цепи поставок / А.В. Вохмянина, М.А. Журавская, Ц. Цяо // Транспорт: наука, техника, управление. – М., 2015. – № 9. – С. 38–45.
2. Цяо, Ц. Оценка времени транспортировки грузов в логистической цепи поставок / А.В. Мартыненко, М.А. Журавская, Ц. Цяо // Вестник УрГУПС. – 2016. – № 3(31). – С. 38–48.
3. Цяо, Ц. Оптимизация «зеленых» цепей поставок в условиях неопределенности / М.А. Журавская, А.В. Мартыненко, Ц. Цяо // Транспорт Урала. – 2016. – № 3(50). – С. 17–22.

Научные публикации в прочих изданиях:

4. Цяо, Ц. VII Международный симпозиум Ассоциации железнодорожных университетов и организаций Европы и Азии / Цун Цяо // Инновационный транспорт. – Екатеринбург, 2014. – № 3(13). – С. 58–62.
5. Цяо, Ц. Анализ рынка перевозок товаров из Китая в Россию / Цун Цяо // Проблемы организации и управления на транспорте : сб. науч. тр. / под научн. ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Самуйлова. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2014. – Вып. 7 (205). С. 212–223.
6. Цяо, Ц. Логистические решения – уникальный язык бизнеса / Цун Цяо // От теории к практике : сб. статей и тезисов. – Екатеринбург : Изд-во УрФУ, 2014. С. 58–60.
7. Qiao C. Importance of Russian Medial Regions in Development of International Transport Corridors / M.A. Zhuravskaya, Cong Qiao, E.A. Derkach // Journal of Dalian Jiaotong University, 2015, v. 36; №1. P. 6–9.
8. Qiao C. Service level and bullwhip-effect in the International Transport Corridors/ Marina A. Zhuravskaya, Anna V. Vochmyanina, Cong Qiao // The 8th International Symposium for transportation Universities in Europe and Asia : Paper collection. – Nanjing Vocational Institute of Railway Technology. 2015. – P.91–101.

ЦЯО ЦУН

**ФОРМИРОВАНИЕ «ЗЕЛЕННЫХ» ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК
В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ
(НА ПРИМЕРЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЧУНЦИН – ЕКАТЕРИНБУРГ)**

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

Подписано к печати 18.10.2016

Формат бумаги 60×84¹/₁₆ Объем 1,04 п. л.

Заказ 234. Тираж 120 экз.

Типография УрГУПС, 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66
