



ЕНАЛЕЕВА – БАНДУРА Ирина Михайловна

**ОБОСНОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СХЕМ ПОСТАВКИ
ЛЕСОПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**

05.21.01. Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирском государственном университете науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» (ФГБОУ ВО СибГУ им. М.Ф. Решетнева)

Научный руководитель: Данилов Александр Григорьевич
кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева», заведующий кафедрой промышленного транспорта и строительства

Официальные оппоненты: Соколов Антон Павлович
доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», профессор кафедры транспортных и технологических машин и оборудования

Ельдештейн Юрий Михайлович
кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», профессор кафедры информационных технологий и компьютерной безопасности

Ведущая организация:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт – Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (ФГБОУ ВО СПбГЛТУ)

Защита состоится «22» февраля 2018 г. в 13.00 на заседании диссертационного совета Д.212.281.02 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, к. 401

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (www.usfeu.ru).

Автореферат разослан «17 » января 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент

Шишкина Елена Евгеньевна

A-1830

Научная библиотека
УГЛТУ
г. Екатеринбург

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Актуальность выбранной темы обуславливается современным состоянием предприятий лесопромышленного комплекса, характеризующимся: постоянно возрастающей конкуренцией; изменениями на рынках поставщиков и потребителей; а также территориальной разобщенностью и существенным влиянием природных факторов. Эти обстоятельства ставят необходимым условием оперативное принятие оптимальных, с точки зрения эффективного функционирования, решений, а также новых подходов к планированию через создание новых моделей перевозочного процесса с учетом специфики отрасли.

Цель работы. Повышение эффективности транспортных схем поставки лесоматериалов в условиях многовариантности видов перевозимой продукции различными типами транспортных средств, с учетом перегрузочных пунктов.

Объектом исследования является транспортно-технологический процесс (ТТП) доставки лесного сырья от производителей до потребителей в условиях интеграции в системе «лесозаготовка – лесопереработка».

Предметом исследования в работе являются модели и методы управления материальными потоками, как в детерминированном состоянии, так и в условиях влияния рисков, сопровождающих ТТП предприятий лесной отрасли.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи теоретических и экспериментальных исследований:

- на основании анализа выявить особенности функционирования транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья от производителей до потребителей (предприятий Красноярского края);

- разработать системное описание транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья в современных условиях производственно-хозяйственной деятельности предприятий Красноярского края;

- на основании системного описания транспортно-технологического процесса разработать его математическую модель с учетом выявленных особенностей в условиях вертикальной интеграции в системе «лесозаготовка – лесопереработка»;

- разработать алгоритм оптимального планирования и управления транспортными потоками в интегрированной лесотранспортной системе;

- разработать структуру математического и информационного обеспечения системы планирования и управления транспортными потоками «лесозаготовка – лесопереработка» реализуемую на персональном компьютере;

- обосновать достоверность математической модели транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья методом численного машинного эксперимента.

Научная новизна исследования характеризуется новым подходом в исследовании лесотранспортной системы поставки лесоматериалов. Предложены новые методы оптимизации перевозок лесоматериалов. Это дает возможность проектирования наиболее вероятного плана

функционирования транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья от производителей до потребителей. Наиболее существенные результаты исследования, содержащие элементы научной новизны, состоят в следующем: на базе системного подхода разработана математическая модель транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья в динамической постановке, в детерминированном состоянии основных технико-экономических показателей процесса; на базе системного подхода разработана математическая модель транспортно-технологического процесса поставки лесных продуктов в динамической постановке, в условиях влияния рисков, сопровождающих перевозочный процесс; разработано информационное обеспечение планирования и прогнозирования транспортно-технологического процесса поставки лесопродукции.

Основные положения, выносимые на защиту: системный подход к моделированию транспортно-технологического процесса доставки многопродуктового потока лесного сырья в условиях Восточной Сибири; математическая модель транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья в динамической постановке, в детерминированном состоянии основных технико-экономических показателей процесса; способ реализации математической модели транспортно-технологического процесса поставки продуктов лесной отрасли в динамической постановке, в условиях влияния рисков; результаты математического моделирования транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья, как в детерминированном состоянии, так и в условиях влияния рисков.

Теоретические, методологические и информационные основы исследования: Теоретические базируются на разработках зарубежных и российских ученых по вопросам планирования и моделирования цепи поставок, научных публикациях по проблемам эффективности оптимизации процессов лесотранспорта. Методологическую основу диссертационного исследования составили основы системного подхода к анализу транспортно-технологического процесса, расчетно-графические и экспертные методы. При моделировании изучаемых показателей применялись методы теории вероятности, линейного программирования и математической статистики. Эмпирической базой исследования являются экспериментальные данные, которые получены в лабораториях СибГУ им. М.Ф. Решетнева с использованием разработанного программного обеспечения, при личном участии автора. Подтверждение результатов исследований осуществлялись при сравнении теоретических значений с экспериментальными.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке моделей снижения доли транспортной составляющей в логистических сетях при доставке многопродуктового потока лесоматериалов, разработанное программное обеспечение позволяет проектировать перевозочный процесс с наименьшими погрешностями, как в детерминированном состоянии, так и с учетом влияния рисков.

Основные научные и практические результаты полученные лично автором. Автором обоснован выбор методов и объекта исследования, произведен системный анализ ТТП лесозаготовительного предприятия, разработана математическая модель транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья в динамической постановке, как в детерминированном состоянии основных технико-экономических показателей ТТП, так и в условиях влияния рисков, разработан алгоритм ее реализации, получены все основные экспериментальные результаты, проведены математическая обработка, анализ и интерпретация полученных данных.

Реализация результатов исследования. Результаты НИОКР используются в учебном процессе по дисциплинам «Лесотранспортная логистика и управление цепями поставок», «Транспортная логистика», «Потоки в лесопромышленной логистике» по направлениям подготовки 35.04.02 и 35.03.02 «Технология лесозаготовительных деревоперерабатывающих производств» профилей подготовки «Лесоинженерное дело» и «Транспортная логистика леса».

Апробация результатов работы. Основные результаты работы докладывались на: всероссийской научно-практической конференции «Лесной и химический комплексы – проблемы и решения» (Красноярск 2003); региональной научно-практической конференции «Лесной и химические комплексы – проблемы и решения» (Красноярск 2006); всероссийской научно-практической конференции «Лесной и химические комплексы – проблемы и решения» (Красноярск 2006); всероссийской научно-практической конференции «Лесной и химические комплексы – проблемы и решения» (Красноярск 2008); региональной научно-практической конференции «Лесной и химические комплексы – проблемы и решения» (Красноярск 2010), в Сибирском логистическом центре, а также в Санкт – Петербургском государственном лесотехническом университете.

Степень разработанности исследования. Значительные работы по обоснованию математических моделей и методов оптимизации процессов лесного комплекса, принадлежат таким ученым как: Алябьев В.И., Болдбаатар Ч., Большаков Б.М., Гладков Е.Г., Глотов В.В., Грехов Г.Ф., Гуров С.В., Ильин Б.А., Ковалев Р.Н., Коваленко Т.В., Редькин А.К., Салминен Э.О., Сарайкин В.Г., Стороженко С.С., Федоренчик А.С., Шегельман И.Р. и др. Основные исследования транспортно-технологического процесса в анализируемых работах направлены на обоснование схем транспортного освоения лесных массивов, оптимизацию объемов заготовки, пропускных способностей терминалов, складов, погрузочных площадок и т.д. Во всех анализируемых работах транспортно-технологический процесс описывается той или иной математической моделью. Существующие модели, в основном, однопродуктовые модели перевозок без учета пунктов хранения, погрузки, перегрузки, измерения и учёта. Модели хранения, стратегического и календарного планирования рассматриваются вне связи с общим транспортно-

технологическим процессом лесозаготовительного предприятия, исследования описывают, в основном, модели оптимизации частных случаев. Имеются наработки и по части вопросов планирования региональных ТТЛ комплекса лесных предприятий, однако вопросы динамического моделирования ТТП поставок лесного сырья в стохастической постановке недостаточно изучены.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 21 работа общим объемом 13,9 п.л., в том числе: в изданиях, аннотированных ВАК – 3; в изданиях, включенных в Agris - 3.

Структура и объем. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов основной части, выводов, библиографического списка. Полный объем печатного текста составляет 167 страниц, из них 3 рисунка и 54 таблицы по тексту, библиографический список состоит из 149 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, определены цель и круг задач диссертационного исследования, отражены его теоретические и методологические основы, научная новизна и практическая значимость, представлена информация об апробации результатов исследования, основные положения, выносимые на защиту, сведения об его структуре и объеме.

В первой главе «Исследование теоретических основ оптимизации транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья» обозначена структура, специфика и значение лесной промышленности, дана характеристика производственного цикла и технологии лесозаготовок, рассмотрен транспортно-технологический процесс доставки лесного сырья, как объект оптимизации, обозначена роль автомобильного транспорта и складов в лесотранспортной системе. В ходе исследования поставлена цель и определены задачи диссертационной работы. В целях диссертационного исследования произведен подробный анализ транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья, основанный на системном подходе к объекту исследования.

По результатам настоящего исследования произведенного в первой главе диссертационной работы можно сделать следующие выводы:

- транспортно-технологический процесс доставки лесного сырья характеризуется большой территориальной разобщенностью, большой номенклатурой продукции, зависимостью от природных условий;

- большое влияние на транспортно-технологический процесс оказывают множество неопределенностей и случайных факторов, такие как сезонность, виды транспортных средств, колебание запасов лесопродукции, цен и тарифов;

- транспортно-технологический процесс является сложной системой, под элементами которой необходимо понимать пункты заготовки древесины, погрузки, разгрузки, складирования, переработки, транспортные средства, средства погрузки и разгрузки, прочее оборудование;

- целью функционирования системы является минимизация суммарных затрат на транспортировку лесопродукции лесозаготовительным предприятием, и соответственно, получению максимальной прибыли, обе цели взаимосвязаны и

вытекают одна из другой, модель эффективной транспортной сети должна учитывать совокупные затраты всех элементов системы;

- стандартные схемы организации лесотранспорта малоэффективны, а построение новых, эффективных методов, невозможно без применения математического моделирования на базе системного подхода.

Во второй главе «Теоретические моделирования транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья» произведен анализ существующих способов решения транспортных задач, как в классической постановке, так и при динамической оптимизации потоков в транспортно – складской системе, а так же в условиях неопределенности предложения и спроса на лесное сырье и стохастичности среды, окружающей перевозочный процесс. По приведенным материалам во второй главе настоящего исследования можно сделать следующие выводы:

1. Проведенный анализ известных результатов по методам решения реальных задач управления материальными потоками выявил ряд проблем. Основная причина этих проблем связана с необходимостью учета влияния рисков, возникающих при оценивании параметров математических моделей управления материальными потоками. Это обстоятельство порождает постановку ряда задач по следующим направлениям: при решении транспортных задач со стохастическим спросом и предложением необходим корректный учет случайного характера спроса и производства, который позволил бы получить решение, минимизирующее суммарную стоимость транспортировки с учетом затрат на хранение непроданной части товара и потерь от дефицита; решение транспортной задачи с неопределенной стоимостью перевозки и неопределенным объемом поставки приводит к специфической нетривиальной задаче математического программирования.

2. Практика применения моделей показывает, что сложные модели с множеством параметров оказываются зачастую не пригодными для практического использования, поэтому в математическую модель должны включаться только основные факторы. Проверку качества моделей необходимо производить реальной деятельностью предприятия.

3. В третьей главе «Разработка эффективной модели процесса доставки лесного сырья с учетом динамической составляющей» на основании системного подхода к транспортно-технологическому процессу доставки лесного сырья от производителей до потребителей, выявлены четыре подсистемы функционирования обозначенного процесса и разработаны их математические модели:

Подсистема №1 Заготовка древесины на лесосеках и их транспорт при осуществлении доставки сырья непосредственно потребителям.

Доставка осуществляется с верхнего склада лесосеки до конечного потребителя. В данном случае модель транспортной задачи является однопродуктовой, т.к. на верхнем складе не предусмотрена сортировка по видам лесного сырья. К расчету принимается средневзвешенная цена реализации за 1m^3 лесопродукции у поставщика.

Выбор оптимальной структуры транспортных потоков ставиться, как задача минимизации функционала F : $F = F_1 + F_2 + F_3 \rightarrow \min$ (1)

Совокупные затраты F складываются: из F_1 - затрат на приобретение лесного сырья (цена реализации поставщика) и транспортных расходов на доставку отправленного потребителю лесного сырья в момент времени $t = 0, \dots, T$; из F_2 - затрат на хранение реализованного потребителю не в нормативное время объема лесного сырья плюс омертвление актива поставщика (недополучение прибыли за время нереализации); из F_3 - затрат от недоставки лесного сырья у потребителя, в случае если поставка осуществлена позже нормативного времени.

$$F_1 = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{a=1}^A [\mathcal{U}_i(t) + C_{ij}^{Tp}(t) + C_{ij}^{Tex}(t)] \cdot X_{ij}(t), \quad (2)$$

где \mathcal{U}_i - цена реализации за 1m^3 лесопродукции у поставщика, руб.;

C_{ij}^{Tp} - транспортные расходы на единицу продукции, руб.;

C_{ij}^{Tex} - производственные расходы на единицу продукции, руб., связанные с применяемой технологией работ на верхнем складе;

t - момент времени, $t \in \{0, \dots, T\}$; i - пункт производства, $i \in \{1, \dots, m\}$;

j - пункт потребления (дилер, оптовый посредник, $j \in \{1, \dots, n\}$);

a - тип транспорта, $a \in \{1, \dots, A\}$;

X_{ij} - объем поставки i -тым поставщиком j -тому потребителю, m^3 .

$$F_2 = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [C_i^*(t) + \Pi_i \cdot \Delta t(t)] \cdot U_i(t), \quad (3)$$

где C_i^* - затраты на хранение единицы продукции на i -той лесосеке, руб.;

Π_i - омертвление актива i -того поставщика на единицу продукции в момент времени t , руб.;

Δt - время хранения, дней;

U_i - объем запаса поставщика в момент времени t , m^3 ;

$$F_3 = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{a=1}^A C_j^{**}(t) \cdot X_{ij}^*(t) \cdot \Delta t^*(t), \quad (4)$$

где C_j^{**} - ущерб от недоставки на единицу продукции, руб.;

X_{ij}^* - опаздывающий объем в момент времени t , m^3 по типам транспорта;

Δt^* - время опоздания поставки по типам транспорта.

При ограничениях:

1. Статического баланса объемов поставщика и потребителя:

$$\sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m a_i(t) = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^n b_j(t), \quad (5)$$

где $a_i(t)$ - объем поставки в момент времени t , m^3 ;

$b_j(t)$ - объем потребления в момент времени t , m^3 ;

2. Динамической связи поставщиков и потребителей:

$$X_{ij}(t) = X_{ij}'(t + t_{ij}), \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; t = 0, \dots, T, \quad (6)$$

где X_{ij}' - объем поставленный, в момент времени t , m^3 ;

X_{ij}'' - объем прибывший, в момент времени $(t + t_{ij})$, m^3 ;

t_{ij} - нормативное время доставки, дни.

3. Динамики запасов потребителей и поставщиков:

$$U_i(t+1) = U_i(t) + \sum_{i=1}^m X_i(t) - b_j(t) \quad (7)$$

где X_i - объем сырья, прибывающего на склад поставщика, m^3 ;

a_i - общий объем поставщика, производственная возможность;

X_i - объем сырья, прибывающего на склад поставщика, т.е. накопление.

4. Динамического баланса производства и потребления:

$$\sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m a_i(t) = \sum_{t=0}^{t+t_{ij}} \sum_{j=1}^n b_j(t) \quad (8)$$

где t_{ij} - нормативное время доставки.

5. Естественной не отрицательности грузопотоков и запасов:

$$X_{ij}(t) \geq 0, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; t = 0, \dots, T; \quad (9)$$

$$U_j(t) \geq 0, \quad j = 1, \dots, n; t = 0, \dots, T. \quad (10)$$

Подсистема №2 Заготовка древесины на лесосеке и ее транспорт при доставке на нижние склады предприятия с последующей доставкой потребителям.

Доставка до потребителя осуществляется с верхнего склада лесосеки через нижний склад. В данном случае модель доставки лесного сырья является многопродуктовой, так как на нижнем складе производится сортировка по видам лесного сырья.

Выбор оптимальной структуры транспортных многопродуктовых потоков ставиться, как задача минимизации функционала F^{n2} :

$$F^{n2} = F_1^{n2} + F_2^{n2} + F_3^{n2} + F_4^{n2} \rightarrow \min, \quad (11)$$

где F_1^{n2} - затраты на доставку однородного потока лесного сырья с лесосеки на нижний склад;

F_2^{n2} - затраты на доставку многопродуктового потока лесного сырья с нижнего склада до потребителя;

F_3^{n2} - затраты на хранение реализованного потребителю не в нормативное время объема лесного сырья плюс омертвление актива поставщика (недополучение прибыли за время нереализации) по видам продукции;

F_4^{n2} - потери от недоставки лесного сырья у потребителя, в случае если поставка осуществлена позже нормативно времени по видам продукции.

$$F_1^{n2} = \sum_{t=0}^T \sum_{h=1}^m \sum_{n=1}^N \sum_{a=1}^A [\mathcal{U}_n(t) + C_{nh}^{Tp}(t) + C_{nh}^{Tex}(t) + C_n^*(t) + \Pi_n \cdot \Delta t(t)] \cdot X_{nh}(t), \quad (12)$$

где \mathcal{U}_n - средневзвешенная цена реализации за 1m^3 лесопродукции доставленной с n -той лесосеки, руб.;

C_{nh}^{Tp} - транспортные расходы на единицу продукции, руб.;

C_{nh}^{Tex} - производственные расходы на единицу продукции, руб., связанные с применяемой технологией работ на верхнем складе;

X_{nh} - объем поставки n -той лесосекой j -тому нижнему складу, m^3 .

C_n^* - затраты на хранение единицы продукции на n -той лесосеке, руб.;

Π_n - омертвление актива n -того поставщика на единицу продукции в момент времени t , руб.;

Δt - время хранения продукции, дней.

$$\int_{t=0}^T F_2^{n2} = \int_{t=0}^T \sum_{h=1}^m \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{a=1}^A [\mathcal{U}_i(t) + C_{ij}^{Tp}(t) + C_{ij}^{Tex}(t)] \cdot X_{ij}^{hk}(t) dt, \quad (13)$$

где $C_i^{n_k}$ - цена реализации k -го вида продукции за $1m^3$ с нижнего склада, руб.;

C_{ij}^{Tpk} - транспортные расходы на единицу продукции k -го вида продукции с нижнего склада, руб.;

C_{ij}^{Texpk} - производственные расходы на единицу k -го вида продукции, руб., связанные с применяемой технологией работ на нижнем складе;

$X_{ij}^{n_k}$ - объем поставки i -тым нижним складом j -тому потребителю, m^3 .

$$\int_{t=0}^T F_1^{n_2} = \int_{t=0}^T \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n [C_i^{n_k}(t) + \Pi_i^{n_k} \cdot \Delta t^{n_k}(t)] \cdot U_i^{n_k}(t) dt, \quad (14)$$

где $C_i^{n_k}$ - затраты на хранение единицы продукции на i -том нижнем складе, руб.;

$\Pi_i^{n_k}$ - омертвление актива i -того поставщика на единицу k -го вида продукции в момент времени t , руб.;

Δt^{n_k} - время хранения k -го вида продукции, дней;

$U_i^{n_k}$ - объем запаса k -го вида продукции в момент времени t , m^3 ;

$$\int_{t=0}^T F_2^{n_2} = \int_{t=0}^T \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{a=1}^A C_j^{**ak}(t) \cdot X_{ij}^{*ak}(t) \cdot \Delta t^{*ak}(t) dt, \quad (15)$$

где C_j^{**ak} - ущерб от недопоставки на единицу k -го вида продукции, руб.;

X_{ij}^{*ak} - опаздывающий объем k -го вида продукции в момент времени t , m^3 по типам транспорта;

Δt^{*ak} - время опоздания поставки k -го вида продукции по типам транспорта.

Критерий оптимизации подсистемы №2 означает требование организовать транспортировку K видов продуктов в течение интервала времени $[t_0,..,T]$ с минимальными общими затратами. Ограничения математической модели подсистемы №2 подобны ограничениям (5-10) и допускают следующую интерпретацию: при реализации обозначенной модели в заданных условиях необходимо соблюдение статического баланса производства и потребления по видам поставляемого сырья, динамической связи и динамики запасов поставщиков и потребителей, соблюдение динамического баланса по K видам продукции, полной загрузки транспортных средств, естественной неотрицательности многопродуктового потока.

Подсистема №3 Заготовка древесины на лесосеке и ее транспорт при доставке сырья на промежуточные (сезонные) склады с последующей доставкой потребителям. Доставка до потребителя осуществляется с верхнего склада лесосеки через промежуточный склад до потребителя. В данном случае модель транспортной задачи является многопродуктовой, так как на промежуточном складе производится сортировка по видам лесного сырья.

Выбор оптимальной структуры транспортных многопродуктовых потоков ставиться, как задача минимизации функционала F^{n_3} :

$$F^{n_3} = F_1^{n_2} + F_2^{n_3} + F_3^{n_3} + F_4^{n_3} \rightarrow \min, \quad (16)$$

где $F_1^{n_2}$ - затраты на доставку однородного потока лесного сырья с лесосеки на нижний склад;

$F_2^{n_3}$ - затраты на доставку многопродуктового потока лесного сырья с промежуточного склада до потребителя;

$F_3^{n_3}$ - затраты на хранение реализованного потребителю не в нормативное время объема лесного сырья плюс омертвление актива поставщика (недополучение прибыли за время нереализации) по видам продукции;

$F_4^{n_3}$ - потери от недопоставки лесного сырья у потребителя, в случае если поставка осуществлена позже нормативно времени по видам продукции.

$$\int_{t=0}^T F_2^{n_3} = \int_{t=0}^T \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{a=1}^A [C_i^{n_k}(t) + C_{ij}^{Tpk}(t) + C_{ij}^{Texpk}(t)] \cdot X_{ij}^{n_k}(t) dt, \quad (17)$$

где $C_i^{n_k}$ - цена реализации k -го вида продукции за $1m^3$ с промежуточного склада, руб.;

C_{ij}^{Tpk} - транспортные расходы на единицу продукции k -го вида продукции с промежуточного склада, руб.;

C_{ij}^{Texpk} - производственные расходы на единицу k -го вида продукции, руб., связанные с применяемой технологией работ на промежуточном складе;

$X_{ij}^{n_k}$ - объем поставки i -тым промежуточным складом j -тому потребителю, m^3 .

$$\int_{t=0}^T F_3^{n_3} = \int_{t=0}^T \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n [C_i^{n_k}(t) + \Pi_i^{n_k} \cdot \Delta t^{n_k}(t)] \cdot U_i^{n_k}(t) dt, \quad (18)$$

где $C_i^{n_k}$ - затраты на хранение единицы продукции на i -том промежуточном складе, руб.;

$\Pi_i^{n_k}$ - омертвление актива i -того поставщика на единицу k -го вида продукции в момент времени t , руб.;

Δt^{n_k} - время хранения k -го вида продукции, дней;

$U_i^{n_k}$ - объем запаса k -го вида продукции в момент времени t , m^3 ;

$$\int_{t=0}^T F_4^{n_3} = \int_{t=0}^T \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{a=1}^A C_j^{**ak}(t) \cdot X_{ij}^{*ak}(t) \cdot \Delta t^{*ak}(t) dt, \quad (19)$$

где C_j^{**ak} - ущерб от недопоставки на единицу k -го вида продукции, руб.;

X_{ij}^{*ak} - опаздывающий объем k -го вида продукции в момент времени t , m^3 по типам транспорта; Δt^{*ak} - время опоздания поставки k -го вида продукции по типам транспорта.

Ограничения приведенной математической модели аналогичны ограничениям подсистемы №2.

Подсистема №4 Заготовка древесины на лесосеке и ее транспорт при доставке сырья на нижние склады, затем на промежуточные склады с последующей доставкой потребителям.

Доставка до потребителя осуществляется с верхнего склада лесосеки через нижний склад, затем через промежуточный склад до потребителя.

Выбор оптимальной структуры транспортных многопродуктовых потоков ставиться, как задача минимизации функционала F^{n_4} :

$$F^{n_4} = F^{n_2} + F_2^{n_3} + F_3^{n_3} + F_4^{n_3} \rightarrow \min, \quad (20)$$

где F^{n_2} - общие затраты на доставку многопродуктового потока лесного сырья с нижнего на промежуточный склад;

$F_2^{n^3}$ - затраты на доставку многопродуктового потока лесного сырья с промежуточного склада до потребителя;

$F_3^{n^3}$ - затраты на хранение реализованного потребителю не в нормативное время объема лесного сырья плюс омертвление актива поставщика (недополучение прибыли за время нереализации) по видам продукции;

$F_4^{n^3}$ - потери от недопоставки лесного сырья у потребителя, в случае если поставка осуществлена позже нормативно времени по видам продукции

Ограничения приведенной математической модели аналогичны ограничениям подсистемы №2.

При стохастическом моделировании поставок лесного сырья выбор оптимальной структуры транспортных потоков ставиться, как задача минимизации функционала F^{ct} : $F^{ct} = F(t) + \xi(t) \rightarrow \min$, (21)

где $F(t)$ – итоговый функционал, определяющийся из выражения 1 в момент времени t ; $\xi(t)$ - эффект финансовых потерь в момент времени t .

$$\xi(t) = B(t) + G(t) + W(t), \quad (22)$$

где $B(t)$ - теневые экономические отношения в лесной отрасли, а также инфляция, оказывающая влияние на себестоимость (отгружаемой) производимой продукции на момент времени t ;

$G(t)$ - деятельность законодательных и монопольных структур в момент времени t ;

$W(t)$ - ресурсный фактор в момент времени t .

Функционал F определяется выражением (1). При вводе данных показателей в выражение (2) получим:

$$F_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [C_i(t) \cdot (1 \pm g_b(t)) + C_{ij}^{TP}(t) \cdot (1 \pm g_c(t))] \cdot X_{ij}(t) \cdot (1 - g_w(t)), \quad (23)$$

где $C_i(t)$ - цена реализации за $1m^3$ лесопродукции у поставщика, руб. на момент времени t ;

$C_{ij}^{TP}(t)$ - транспортные расходы на единицу продукции, руб. на момент времени t ;

i – пункт производства, $i \in \{1, \dots, m\}$;

j – пункт потребления (дилер, оптовый посредник, $j \in \{1, \dots, n\}$);

$X_{ij}(t)$ – объем поставки i -тым поставщиком j -тому потребителю, m^3 на момент времени t .

$g_w(t)$ - коэффициент оценки влияния ресурсного фактора на объем (отгружаемой) производимой продукции, а также влияние риска недопоставки, либо поставки продукции ненадлежащего качества на момент времени t ;

$g_b(t)$ - коэффициент оценки влияния фактора теневых экономических отношений, а также влияние инфляции на себестоимость (отгружаемой) производимой продукции в момент времени t ;

$g_c(t)$ - коэффициент оценки влияния законодательного и монопольного фактора на транспортные расходы на момент времени t .

Приведенные в выражении (23) коэффициенты $g(t)$ определяются, методом экспертной оценки специалистов лесной отрасли. Эти коэффициенты определяют

степень влияния того или иного фактора неопределенности на величину совокупных затрат при доставке лесного сырья от производителя до конечного потребителя. Скорректируем выражение (3) на стохастическую составляющую:

$$F_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_i^*(t) (1 \pm g_b(t)) \cdot U_i(t) \cdot (1 - g_w(t)), \quad (24)$$

где $C_i^*(t)$ - затраты на хранение единицы продукции у i -того поставщика, руб. на момент времени t ;

$U_i(t)$ - объем запаса поставщика, m^3 на момент времени t .

Тогда выражение (4) примет следующий вид:

$$F_3 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_j^{**}(t) \cdot (1 \pm g_b(t)) \cdot X_{ij}^*(t) \cdot (1 - g_w(t)), \quad (25)$$

где $C_j^{**}(t)$ - ущерб от недопоставки на единицу продукции, руб. на момент t ;

$X_{ij}^*(t)$ - недопоставленный объем, m^3 на момент времени t .

При ограничениях:

1. Статического баланса объемов поставщика и потребителя:

$$\sum_{i=1}^m a_i(t) \cdot K_{np}^h = \sum_{j=1}^n b_j(t) \cdot K_{sp}^h, \quad (26)$$

где $a_i(t)$ – объем поставки, m^3 на момент времени t ;

K_{np}^h – коэффициент неравномерности предложения, %;

K_{sp}^h – коэффициент неравномерности спроса, %;

$b_j(t)$ – объем потребления, m^3 на момент времени t .

$$K_{sp}^h = \frac{Q_\phi}{Q_{pl}} \cdot 100\%, \quad (27)$$

где K_{sp}^h – коэффициент неравномерности спроса в j – том пункте потребления;

Q_ϕ - средний фактический объем потребления в j – том пункте за несколько периодов;

Q_{pl} - средний плановый объем потребления в j – том пункте за несколько периодов.

$$K_{np}^h = \frac{Q_\phi}{Q_{pl}} \cdot 100\%, \quad (28)$$

где K_{np}^h – коэффициент неравномерности предложения в i – том пункте производства;

Q_ϕ - средний фактический объем производства в i – том пункте за несколько периодов;

Q_{pl} - средний плановый объем производства в i – том пункте за несколько периодов.

2. Естественной неотрицательности грузопотоков и запасов:

$$X_{ij}(t) \geq 0, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n, \quad (29)$$

$$U_i(t) \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (30)$$

3. В условиях эффективной интеграции в системе «лесозаготовка-лесопереработка»: Эффективность интеграции определяется согласно выражению (11) настоящего исследования.

4. Динамической связи поставщиков и потребителей:

$$X'_{ij}(t) = X''_{ij}(t + t_{ij}) \cdot (1 - g_w), \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n; \quad t = 0, \dots, T, \quad (31)$$

где X'_{ij} - объем поставленный, в момент времени t , м³;

X''_{ij} - объем прибывший, в момент времени $(t + t_{ij})$, м³;

t_{ij} - нормативное время доставки, дней.

5. Динамики запасов потребителей и поставщиков:

$$U_i(t+1)(1-g_w(t)) = U_i(t)(1-g_w(t)) + \sum_{i=1}^m X_i(t)(1-g_w(t)) - b_j(t)(1-g_w(t)), \quad (32)$$

где $X_i(t)$ - объем сырья, прибывающего на склад поставщика, м³;

$a_i(t)$ - общий объем поставщика, производственная возможность на момент времени t ;

$U_i(t)$ - объем сырья, прибывающего на склад поставщика, т.е. накопление на момент времени t .

6. Динамического баланса производства и потребления:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m a_i(t)(1-g_w(t)) = \sum_{t=1}^{t+t_{ij}} \sum_{j=1}^n b_j(t)(1-g_w(t)). \quad (33)$$

где t_{ij} - нормативное время доставки.

Аналогично на влияние рисков корректируются и другие три подсистемы транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья от производителей до потребителей. По третьей главе настоящего исследования сделаны следующие выводы: предлагаемая постановка ДТЗЗ обеспечивает минимизацию транспортных расходов при реализации лесного сырья для участников системы «поставщик - транспорт - потребитель», учитывает динамику производства и потребления, движение запасов у потребителя и поставщика, затраты на производство, реализацию продукции и динамично реагирует на потребности рынка; применение математического аппарата ДТЗЗ минимизации транспортной составляющей позволяет определить оптимальное при заданных моментах и объемах спроса распределение объемов производств и оптимальный план перевозок, моменты рассогласования производственных программ спроса и предложения.

В четвертой главе «Экспериментальное обоснование эффективности разработанной модели» в целях постановки эксперимента нами была определена вертикально интегрированная группа предприятий лесной отрасли. Обозначенные предприятия работают по схеме: лесосека – нижний склад – потребитель. Для экспериментального подтверждения эффективности разработанной модели были сформированы исходные данные, которые приведены в таблицах 1- 3.

В целях постановки эксперимента, следует отметить, что общая потребность предприятий в сырье составляет 294 тыс. м³, в том числе по отдельным потребителям: ЗАО «КЛМ К⁰» (B₁) – 130 тыс. м³; ООО «ДОКЕнисей»(B₂) – 50 тыс. м³; ООО КУ «Енисейская лесная компания» (B₃) – 44 тыс. м³; ОАО «СибФорест» (B₄) -70 тыс. м³.

Таблица 1 - Исходные данные по работе предприятий лесной отрасли за 2016 г.

Поставщик	цена реализации за 1 м ³ , руб. сль, пихта	цена реализации за 1 м ³ , руб. лиственница	цена реализации за 1 м ³ , руб. осина.	цена реализации за 1 м ³ , руб. береза.	Транспортные расходы на 1 м ³ по потребителям, руб.			
					B1	B2	B3	B4
ГУП «Новоканский ЛПХ», г. Канск, ул. Лысогорская 10 (A ₁)	2570	2832	1400	1630	1547	1559	1566	1580
ООО «Уярскиймежлесхоз», г. Уяр, Герценя 46.(A ₂)	2500	2940	1365	1600	1531	1539	1542	1551
ОАО «Козульский ЛПХ», ул. Пролетарская 2,(A ₃)	2242	2900	1390	1633	1456	1471	1472	1475
ЗАО «Боготольский ЛПХ», ул. 1-я зарельсовая 188.(A ₄)	2400	3000	1368	1650	1568	1577	1578	1580
«Ильинский ЛПХ», п. Рассвет, Пирновского р-на (A ₅)	2564	2850	1397	1696	1543	1546	1547	1548
ГП «Чернореченский ЛПХ», Яловень, пгт. Новочернореченский (A ₆)	2538	2890	1380	1646	1362	1377	1378	1380

Таблица 2 - Технико-экономические показатели по предприятиям поставщикам лесного сырья

п/п	Поставщик												
	Объем производства пиловочника по моментам времени			Лиственница, ГОСТ 9463-88, 3-6,5м, д. 22-30, 1-2 сорт, тыс. м ³			Осина, ГОСТ 9462-88, 2-6м, д. 22-30, 1-2 сорт, тыс. м ³			береза, ГОСТ 9462-88, 2-6м, д. 22-30, 1-2 сорт, тыс. м ³			Ед. затраты на хранение р/м ³
п/п	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3	
A ₁	21	30	21	3,5	5,0	3,5	3,5	5,0	3,5	7	10	7	10
A ₂	15	12	9	2,5	2,0	1,5	2,5	2,0	1,5	5	4	3	20
A ₃	15	9	6,6	2,5	1,5	1,1	2,5	1,5	1,1	5	3	2,2	30
A ₄	6	9	6	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	2	3	2	20
A ₅	3,6	3	1,2	0,6	0,5	0,2	0,6	0,5	0,5	0,2	1,2	1	0,4
A ₆	4,8	6	4,2	0,8	1,0	0,7	0,8	1,0	0,7	1,6	2	1,4	10

Таблица 3- Технико-экономические показатели по предприятиям потребителям лесного сырья

п/п	Потребитель												Ед. ущерб от недопоставки, р/м ³
	Объем потребления пиловочника по моментам времени			Лиственница, ГОСТ 9463-88, 3-6,5м, д. 22-30, 1-2 сорт, тыс. м ³			Осина, ГОСТ 9462-88, 2-6м, д. 22-30, 1-2 сорт, тыс. м ³			береза, ГОСТ 9462-88, 2-6м, д. 22-30, 1-2 сорт, тыс. м ³			
п/п	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3	
B ₁	24	33	21	4	5,5	3,5	4	5,5	3,5	8	11	7	10
B ₂	12	9,6	8,4	2	1,6	1,4	2	1,6	1,4	4	3,2	2,8	20
B ₃	6	8,4	12	1	1,4	2,0	1	1,4	2,0	2	2,8	4	30
B ₄	12	15	15	2	2,5	2,5	2	2,5	2,5	4	5	5	20

В целях обоснования адекватности разработанной модели эксперимент поставлен в трех условиях: равенства спроса и предложения на лесное сырье, превышения предложения над спросом и превышения спроса над предложением.

Исходя из постановки условия, на первом этапе моделирования перевозочного процесса, при доставке лесного сырья с лесосеки на нижний склад транспортная задача решаться не будет, поскольку у каждой лесосеки (поставщика) свой нижний склад, соответственно, продукция будет доставляться только туда. На этом этапе моделирования рассчитываются затраты, которые будут составлять стоимость сырья на нижнем складе, такие как средневзвешенная стоимость сырья на верхнем складе, транспортные расходы до нижнего склада, производственные (технологические затраты) и другие затраты предусмотренные математической моделью, причем все обозначенные показатели корректируются на влияние рисков, сопровождающих транспортно-технологический процесс. На втором этапе моделирования решается многопродуктовая динамическая транспортная задача в стохастической постановке, в нашем случае, по шести видам лесного продукта. При поставленном условии потребления взаимозаменяемые продукты отсутствуют, все потребители перерабатывают все предложенные виды лесного сырья, поэтому данная многопродуктовая задача распадается на шесть однопродуктовых транспортных задач. Так как все однопродуктовые задачи рассчитываются аналогично, пример расчета приведен на реализации сырья - Лиственница, ГОСТ 9463-88, 3-6,5 м, д. 22-30, 1-2 сорт. На основании сформированных исходных данных, поставщики и потребители лесного сырья были объединены в вертикально - интегрированную сеть, путем построения транспортной матрицы по заданным моментам времени. Данная матрица разбивается на решение однородных транспортных задач с поиском оптимального плана по обозначенным временным интервалам, причем образовавшиеся затраты на хранение либо ущерб от недопоставки переходят со штрафом в следующий временной интервал. Согласно описанной модели планирования перевозочного процесса в условиях влияния рисков, полученные оптимальные планы корректируются на влияние стохастической составляющей. При этом используются коэффициенты неравномерности спроса и предложения, значение индексации по транспортным расходам и индекса инфляции. Пример коррекции плана перевозок лесного сырья приведен в таблице 4.

Полученные экспериментальные данные сведены в таблицу 5.

Таблица 4 - Скорректированный оптимальный план к динамической транспортной задаче в стохастической постановке по моменту времени t_1

Поставщик: объем продаж, тыс. м ³	Потребитель: объем поставки, тыс. м ³					Σ по строкам
	B ₁ / 3,84	B ₂ / 1,92	B ₃ / 1,01	B ₄ / 1,96	X / 1,98	
A ₁ / 3,53	4677 1,16	4690 1,63	4698 0,21	4714 0	0 0	0,53
A ₂ / 2,4	4767 0	4776 0	4779 0,65	4789 0,51	20 1,03	0,21
A ₃ / 2,48	4644 2,1	4661 0	4662 0	4665 0	0 0	0,38
A ₄ / 0,95	4877 0	4887 0	4888 0	4890 0	20 0,95	-
A ₅ / 0,59	4690 0	4693 0	4694 0	4695 0,5	0 0	0,09
A ₆ / 0,77	4534 0	4551 0	4552 0	4554 0,65	0 0	0,12
Σ по столбцам	20 0,58	30 0,29	30 0,15	40 0,3		

Таблица 5 - Эффективность динамической модели в условиях влияния факторов риска при реализации сырья - Лиственница, ГОСТ 9463-88, 3-6,5м, д. 22-30, 1-2 сорт

Показатель	В условиях превышения спроса над предложением					
	Стохастическая транспортная задача		Классическая транспортная задача в постановке на минимум затрат		Динамическая транспортная задача в стохастической постановке	
	До оптимизации	После оптимизации	До оптимизации	После оптимизации	До оптимизации	После оптимизации
Затраты тыс.руб.	140875,85	140838,69	134160,20	134144,9	119881,85	119819,74
Выручка тыс.руб.	129028,36	129028,36	123724,10	123724,10	105822,32	107853,22
Показатель	В условиях превышения предложения над спросом					
	Стохастическая транспортная задача		Классическая транспортная задача в постановке на минимум затрат		Динамическая транспортная задача в стохастической постановке	
	До оптимизации	После оптимизации	До оптимизации	После оптимизации	До оптимизации	После оптимизации
Затраты тыс.руб.	134350,89	134313,73	129580,20	129557,70	114395,21	113974,37
Выручка тыс.руб.	123130,69	123130,69	119143,10	119143,10	102608,67	102895,45
Показатель	В условиях равенства спроса и предложения					
	Стохастическая транспортная задача		Классическая транспортная задача в постановке на минимум затрат		Динамическая транспортная задача в стохастической постановке	
	До оптимизации	После оптимизации	До оптимизации	После оптимизации	До оптимизации	После оптимизации
Затраты тыс.руб.	140852,70	140814,91	134155,30	134125,80	119872,43	119807,43
Выручка тыс.руб.	129028,34	129028,34	123724,10	123724,10	107629,50	107829,00

Данная модель может быть использована для поквартального и помесячного планирования процесса поставок лесного сырья. Технологическая эффективность данной модели заключается в оптимизации ТТП доставки лесного сырья в группе вертикально интегрированных предприятий. Это

обеспечивается посредством выявления моментов скопления на складах нереализованного объема сырья и моментов недостатка необходимого вида лесного продукта. Следовательно, модель дает возможность предупреждения технологических несостыковок при поставках лесного сырья. Также модель учитывает неравномерность случайного характера, вызванную: изменчивостью параметров предмета труда, работоспособностью рабочих, техническим состоянием оборудования, зависимостью выполняемых работ от выполнения предшествующих и последующих операций, кратковременными организационными, погодными и сезонными изменениями.

В заключении обобщены и изложены наиболее важные научно значимые результаты диссертационного исследования, которые состоят в следующем: на основании анализа выявлены особенности функционирования транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья от производителей до конечных потребителей; разработано системное описание транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья в современных условиях производственно – хозяйственной деятельности; на основании системного описания транспортно-технологического процесса разработана его математическая модель с учетом: выявленных особенностей в системе «лесозаготовка – лесопереработка»; динамической связи поставщиков и потребителей лесного сырья; стохастической составляющей; разработан алгоритм оптимального планирования и управления транспортными потоками в интегрированной цепи поставок как в условиях детерминированности, так и в условиях неопределенности входных параметров; разработана структура математического и информационного обеспечения системы планирования и управления транспортными потоками, реализуемая на персональном компьютере; обоснована достоверность математической модели транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья методом численного машинного эксперимента.

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

В изданиях, рекомендованных ВАК Минобразования России

1. Еналеева-Бандура И.М. Построение опорного плана перевозок методом относительной оборачиваемости / И. М. Еналеева-Бандура // Известия вузов. Лесной журнал. - 2011. - № 4. - с. 46-49
2. Еналеева-Бандура И.М. Динамическая модель транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья в многопродуктовой постановке / И. М. Еналеева-Бандура, А.Г. Данилов, А.Л. Давыдова, А.В. Никончук // Хвойные бореальные зоны. - 2017. - Том XXXV, № 1-2. - с. 79-82
3. Еналеева-Бандура И.М. Прогнозирование влияния рисков в цепи поставок лесного сырья / И.М. Еналеева-Бандура, А.Г. Данилов, А.Л. Давыдова// Хвойные бореальные зоны. - 2017. - Том XXXV, № 1-2. - с. 83-86

В статьях и материалах конференций

4. Еналеева-Бандура И.М. Построение опорного плана перевозок методом маркетинга // Вестник КрасГАУ. - 2011. - № 11. - с. 14-16

5. Еналеева-Бандура И.М. Построение опорного плана перевозок методом изначальной оптимизации // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - 2011. - № 11(34). - с. 49-52

6. Моделирование интегрированных логических сетей с учетом стохастической составляющей / И.М. Еналеева-Бандура, Козинов Г.Л., Миргунова В.Г., Данилов А.Г.// Вестник КрасГАУ.- 2013.-№11(86).-с.67-71.

7. Моделирование транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья двумя и более видами транспорта / Еналеева-Бандура И.М., Козинов Г.Л., Лозовой В.А., Данилов А.Г. // Экономика и предпринимательство.- 2016.- №1-2 (66-2)-с. 95-98.

8. Еналеева-Бандура И.М. Лес -- как экономические ресурсы // Сборник статей студентов и аспирантов по материалам всероссийской НПК/ Лесной и химический комплексы – проблемы и решения. Красноярск: СибГТУ. Часть2. 2003. – с. 5-7

9. Еналеева-Бандура И.М. Проблемы лесозаготовителей Красноярского края / И. М. Еналеева-Бандура, Г.Л. Козинов // Сборник статей студентов и молодых ученых по материалам региональной НПК 18-19 мая 2006 года/ Лесной и химические комплексы – проблемы и решения. Красноярск: СибГТУ, Том 1. 2006. – с.136

10. Еналеева-Бандура И.М. Роль технико-экономических расчетов при планировании лесотранспортной сети / И. М. Еналеева-Бандура, Г.Л. Козинов, А.К. Норуте // Сборник статей студентов и молодых ученых по материалам региональной НПК 18-19 мая 2006 года/ Лесной и химические комплексы – проблемы и решения. Красноярск: СибГТУ, Том 1. 2006. – с.147

11. Еналеева-Бандура И.М. Планирование грузопотоков от лесозаготовителей к лесопереработчику / И. М. Еналеева-Бандура, Г.Л. Козинов, А.К. Норуте // Сборник статей студентов и молодых ученых по материалам региональной НПК 18-19 мая 2006 года/ Лесной и химические комплексы – проблемы и решения. Красноярск: СибГТУ, Том 1. 2006. – с.148

12. Еналеева-Бандура И.М. Транспортная логистика в лесной промышленности / И. М. Еналеева-Бандура, Г.Л. Козинов, А.К. Норуте // Сборник статей студентов и молодых ученых по материалам региональной НПК 18-19 мая 2006 года/ Лесной и химические комплексы – проблемы и решения. Красноярск: СибГТУ, Том 1. 2006. – с.149.

13. Еналеева-Бандура И.М. Экономико-математическое моделирование транспортной себестоимости // Сборник статей по материалам всероссийской НПК 09-10 ноября 2006 года/ Лесной и химические комплексы – проблемы и решения. Красноярск: СибГТУ, Том 2. 2006. – с.252.

14. Еналеева-Бандура И.М. Анализ ряда опорных решений транспортных задач // Сборник статей по материалам всероссийской НПК 09-10 ноября 2006 года/ Лесной и химические комплексы – проблемы и решения. Красноярск: СибГТУ, Том 2. 2006. – с.254.

15. Еналеева-Бандура И.М. Транспортная логистика в лесной отрасли / И.М. Еналеева-Бандура, А.К. Норуте // Сборник статей по материалам

всероссийской НПК 09-10 ноября 2006 года/ Лесной и химические комплексы – проблемы и решения. Красноярск: СибГТУ, Том 2. 2006. – с.256.

16. Еналеева-Бандура И.М. Актуальность планирования транспортных грузопотоков от лесозаготовительных к деревообрабатывающим предприятиям / И. М. Еналеева-Бандура, А.К. Норуте // Сборник статей по материалам всероссийской НПК 09-10 ноября 2006 года/ Лесной и химические комплексы – проблемы и решения. Красноярск: СибГТУ, Том 2. 2006. – с.259.

17. Еналеева-Бандура И. М. Разработка транспортно – логистической схемы доставки древесины на лесоперерабатывающие предприятия/ И.М. Еналеева-Бандура, В.А. Декина, Г.Л. Козинов // Сборник статей студентов и молодых ученых по итогам ВНПК 15-16 мая 2008 г.,том №1.-с. 263.

18. Еналеева-Бандура И.М. Транспортная задача линейного программирования / И. М. Еналеева-Бандура, К.В. Чмыкова, Д.А Назаров // Сборник статей по материалам региональной конференции 12 октября 2010 года-вып. №2. - с. 115.

19. Еналеева-Бандура И.М. Решение транспортной задачи с построением опорного решения по способу минимальной стоимости методом потенциалов / И.М. Еналеева-Бандура, К.В. Чмыкова, Д.А. Назаров // Сборник статей по материалам региональной конференции 12 октября 2010 года-вып. №2. - с. 117.

20. Многопродуктовая модель транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья от производителей до конечных потребителей в динамической постановке/ Еналеева - Бандура И.М., Козинов Г.Л., Миргунова В.Г., Данилов А.Г. // Экономика и предпринимательство.-2017.- №2 (ч.1).- с.805-807.

21. Моделирование транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья с применением системного подхода/ Козинов Г.Л., Еналеева - Бандура И.М., Миргунова В.Г., Данилов А.Г. // Международные научные исследования.-2017.-№1- с.102-105.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, Учёному секретарю диссертационного совета Д 212.281.02, e-mail: d21228102@yandex.ru

Подписано в печать 21.12.2017.
Формат 60×84 1/16. Изд. № 12/3.
Тираж 100 экз. Усл. печ. л. 1,25.
Заказ № 2692.

Отпечатано в РИЦ СибГУ им. М.Ф. Решетнева
660049, г. Красноярск, ул. Ленина, 69
Тел. (391) 227-69-90, факс (391) 211-97-25