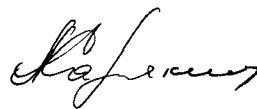


На правах рукописи



КАРЯКИН Алексей Андреевич

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАПАСОВ КРУГЛЫХ
ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ
СИСТЕМАХ ПЕРЕВОЗКИ ЛЕСОПРОДУКЦИИ**

**Специальность 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и
лесного хозяйства**

АВТОРЕФЕРАТ

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

Архангельск – 2010

Работа выполнена в Архангельском государственном техническом университете.

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор
Ф.А. Павлов

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Д.Г. Мясищев

кандидат технических наук, профессор
Э.О. Салминен

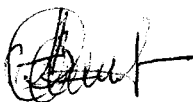
Ведущая организация: ЗАО «СевПромПроект»,
г. Архангельск, пр. Троицкий 94

Защита диссертации состоится « 23 » июня 2010 г. в 13 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 212.008.01 при Архангельском государственном техническом университете (163002, г.Архангельск, наб. Северной Двины, д.17, ауд.1228).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Архангельского государственного технического университета.

Автореферат разослан «10» мая 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



А.Е.Земцовский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Совершенствование управления лесотранспортным процессом – один из существенных резервов повышения эффективности транспортного обеспечения лесопромышленного производства.

Управление лесотранспортным процессом, как и всяким другим производством, включает в себя решение вопросов перспективного планирования и управления.

Вывозка древесины является фазой лесозаготовки, связывающей лесосечные работы с операциями по переработке древесины на нижних лесоскладах и лесоперерабатывающих предприятиях.

Современный лесозаготовительный процесс, включающий сортиментную заготовку лесоматериалов с применением комплексов, дает возможность избавиться от части логистических операций, не представляющих интереса с точки зрения экономичности. К таким операциям можно отнести формирование штабелей хлыстов с последующей их разделкой.

Непосредственный процесс вывозки и перевозки древесины на сегодняшний день характеризуется огромным разнообразием, как транспортной техники, так и непосредственно технологий. От нее зависит успешное выполнение планов производства лесопродукции.

Применение автопоездов повышенной грузоподъемности заставляет лесопромышленников вкладывать денежные средства в развитие автомобильных дорог. Однако, самое выгодное для многих из них – это применение автозимников. Строительство дорог данного типа связано с тем, что для возведения используются более дешевые строительные материалы – природные. Таким образом, отсутствие дорог круглогодичного действия отдаляет места рубок главного пользования от центров переработки древесины. В некоторых районах отсутствие дорог заставляет лесопромышленников использовать водные пути для доставки своей продукции к местам переработки, вызывая формирование огромных сезонных штабелей лесоматериалов.

Таким образом, формируется достаточно интересная система по организации процесса вывозки лесоматериалов потребителю. С одной стороны работа с колес позволит лесопромышленникам минимизировать затраты, связанные с созданием и хранением штабелей, а другой стороны – создание запасов позволяет сократить и устранить некоторые издержки, связанные с дефицитом продукции.

Цель работы – определить надежность функционирования лесотранспортной системы и минимизировать издержки, связанные с созданием, транспортировкой и содержанием технологических запасов круглых лесоматериалов в транспортных системах лесопромышленного комплекса Архангельской области.

Задачи исследований

1. Оценка современного положения при создании запасов на транспортной системе лесоперерабатывающих предприятий;
2. Изучение способов моделирования цепей поставок со стохастическим состоянием, выбор оптимальной модели и адаптации ее к технологическим процессам заготовки и транспортировки древесины;
3. Разработка методики построения математических моделей управления цепочками поставок, включая специфичные для лесозаготовок процессы с резко выраженными сезонными колебаниями объемов производства;
4. Определение оптимальных уровней запасов на лесоперерабатывающем предприятии для поддержания его функциональности в актуальном состоянии;
5. Определение надежности лесотранспортной системы с новыми уровнями технологических запасов.

Объект исследования – транспортные системы лесозаготовительных предприятий Архангельской области. Предмет исследования – интенсивности объемов создания запасов при заготовке, перевозке и вывозке древесины и производстве круглых лесоматериалов. Полигонами исследования были выбраны ОАО «ИлимСеверЛес» и ОАО «ЛДК №3».

Научная новизна исследования характеризуется новым подходом в исследовании лесотранспортной системы поставки круглых лесоматериалов. Предложены новые методы в дистанционном определении объемов круглых лесоматериалов, находящихся в штабелях на верхних, промежуточных, нижних и лесоскладах предприятия, а так же организации методов управления по снижению этих запасов. Это дает возможность отслеживания объемов древесины и определения надежности поставок по всей транспортной сети предприятия.

Значимость для теории и практики работы заключается в том, что обоснована новая методика, позволяющая анализировать ситуацию, связанную с движением материальных потоков на всех основных элементах лесотранспортной сети, связанных с основными технологическими процессами.

Научные положения, выносимые на защиту:

- результаты исследований динамики нестационарных технологических процессов лесозаготовительного производства;
- результаты исследований по определению функциональной надежности транспортных систем лесозаготовительных предприятий методами статистической динамики.

Обоснованность и достоверность результатов исследования, выводов и рекомендаций подтверждается применением большого количества экспериментальных данных, их адекватностью теоретическим результатам статистической обработки данных.

Практическая значимость работы заключается в том, что создана методика, позволяющая анализировать ситуацию, связанную с движением материаль-

ных потоков на всех основных стыковых элементах транспортной сети, связанных с основными технологическими процессами.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава АГТУ (2006-2010 гг.);

Публикации. По теме диссертации опубликованы 3 работы, в т.ч. одна по списку изданий ВАК.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, общим объемом 131 страница, содержит 29 иллюстраций, 8 таблиц и список литературы, включающий 135 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложены актуальность темы, цель работы, научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе изучены существующие транспортные системы лесозаготовительного и лесотранспортного процесса; проанализированы применяемые модели по управлению материальными потоками и созданию страховых запасов сырья. Дана характеристика транспорта и его влияния на время поставки лесоматериалов потребителю.

Во второй главе показаны методологические особенности построения моделей функционирования транспортно-технологических процессов лесного комплекса.

В настоящее время трудно назвать область человеческой деятельности, в которой не использовалось бы моделирование. Особенно это относится к сфере управления различными системами, где основными являются процессы принятия решений на основе получаемой информации. Моделированием называется замещение одного объекта другим с целью получения информации о свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели.

Продолжительность производственного цикла по фазам "производство круглых лесоматериалов - вывозка древесины – перевозка древесины" может быть определена методом совместного статистического анализа временных рядов показателей этих процессов.

Рассмотрены основные транспортно-логистические операции технологического процесса заготовки, транспортировки и создания запасов лесоматериалов.

На рисунке 1 представлена обобщенная схема поставки лесоматериалов на лесоперерабатывающие предприятия опытного полигона.

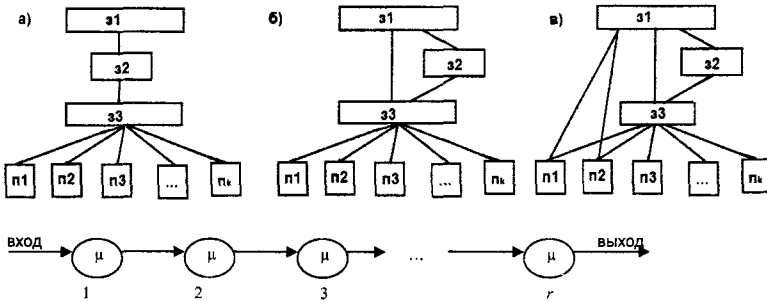


Рисунок 1 - Система лесозаготовительного процесса, распределенного по фазам прохождения: z1 – запасы, формируемые на верхних лесоскладах; z2 - запасы, формируемые на промежуточных лесоскладах, z3 - запасы, формируемые на нижних лесоскладах; n1 – nk - запасы, формируемые на складах лесоперерабатывающих предприятий

Запасы в транспортно-логистических цепях лесозаготовительного комплекса представляют собой весьма значительные капиталовложения. Они являются фактором надежности и стабильной работы любого лесозаготовительного и деревообрабатывающего предприятия. Данный вид материальных потоков, с точки зрения капиталовложений, учитывает временную стоимость денег, однако, нельзя забывать про то, что лесной комплекс имеет свою специфику с точки зрения поступления сырья на предприятия и условий его хранения. Древесина весьма скоропортящийся продукт и работа «с колес» позволяет повысить сортность пиломатериалов, тем самым, уменьшив процент неликвида. Для решения проблемы возможно использовать модели, применяемые для регулирования уровней запасов скоропортящихся продуктов при стохастическом спросе, что позволит снизить издержки, связанные с созданием таких запасов и хранением.

Одна из примерных классификаций может выглядеть следующим образом

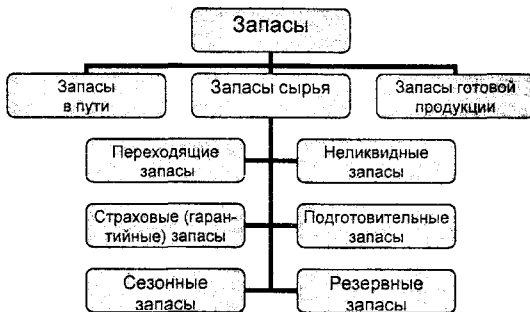


Рисунок 2 – Примерная классификация запасов

Продолжительность производственного цикла по фазам "производство круглых лесоматериалов - вывозка древесины – перевозка древесины" является одной из важных характеристик производственной деятельности лесозаготовительных предприятий, особенно предприятий, привлекающих для создания межсезонных запасов сырья кредитные денежные ресурсы.

Ритмичность функционирования лесозаготовительных процессов относится к числу наиболее важных характеристик, определяющих организационно-технический уровень технологиче-

ского процесса с точки зрения равномерности работы и загрузки технических средств.

Показатель ритмичности

$$k_a = \sqrt{\frac{1}{11} \cdot \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{X_i}{\bar{X}} - 1 \right)^2}, \quad (1)$$

характеризующий колебания показателей отдельных месяцев X_i относительно среднего уровня ряда \bar{X} .

Уровень функциональной надежности лесотранспортных систем, под которым понимается вероятность бесперебойного обеспечения сырьем (ассортиментами) технологических линий нижних лесоскладов или вероятность бесперебойных поставок круглых лесоматериалов потребителям при заготовке древесины сортиментным способом определяется

$$P(t) = 1 - \alpha(t), \quad (2)$$

где $\alpha(t)$ – значение функции вероятности отказа лесотранспортной системы

Перерывы в вывозке древесины чаще всего имеют место в тех случаях, когда состояние элементов транспортно-технологической схемы недопустимо близко приближается к предельному. Иначе говоря, уровень надежности транспортной сети в целом определяется надежностью и работоспособностью транспортно-технологической схемы, поскольку другие элементы транспортной сети наделены свойствами резервирования и избыточности.

В третьей главе дан анализ моделей управления запасами и вывозкой древесины, предложена методика исследования на основе статистической динамики.

В настоящее время имеются наработки по отдельным моделям транспортно-технологического процесса лесного комплекса. Они принадлежат таким ученым-как: Алябьев В.И., Борозна А.А., Гладков Е.Г., Глотов В.В., Грехов Г.Ф., Гуров С.В., Ильин Б.А., Ковалев Р.Н., Коваленко Т.В., Курьянов В.К., Меньшиков В.Н., Овчинников М.М., Патыкин В.И., Редькин А.К., Салминен Э.О., Павлов Ф.А., Сарайкин В.Г., Шегельман И.Р., Меньшиков А.М. и др.

Анализ применяемых моделей определения страховых запасов показывает, что все формулы имеют один общий недостаток – они ориентированы на средние показатели спроса и поставки продукции. Специфика лесозаготовительного производства определяет наличие элемента случайности и сезонного фактора в процессах спроса и поставок.

Для расчета оптимального уровня страхового запаса предлагается следующая формула:

$$S_s = \Gamma_{\max} \tau - \Gamma \tau, \quad (3)$$

где Γ_{\max} – максимальная ежедневная потребность в запасах во время поставки,
 Γ – ежедневная потребность в запасах во время поставки,
 τ – время поставки, то есть, время между размещением заказа и поступлением запасов на склад.

Очевидно, что создание страхового запаса уменьшает потери прибыли в случае нехватки запаса. Однако, с другой стороны, поддержание страховых запасов связано с дополнительными затратами. Теперь средний запас уже составляет $S^*/2$ плюс страховой запас, соответственно увеличиваются затраты по их хранению. Недостатком модели (3) является то, что в ней не учитывается сравнительная оценка между потерями прибыли в связи с нехваткой запасов и затратами по хранению страхового запаса, т.к. неявно предполагается, что первая величина всегда больше второй, и поэтому страховой запас всегда должен полностью покрывать дефицит в запасах. Но на самом деле бывают случаи, когда поддержание чрезмерно большого запаса требует больше затрат, чем потери прибыли, если этот запас оказывается недостаточным. В связи с этим предлагается иной подход к вопросу определения размера страхового запаса: с одной стороны, оптимальным должен быть тот объем страхового запаса, для которого сумма затрат по его хранению и потери прибыли в случае нехватки запасов для фирмы были бы минимальными, а с другой стороны, должна обеспечиваться надежность безотказной работы элемента ТТС.

Для решения задачи обозначим через p_i вероятность того, что фактическая потребность в запасах в течение времени поставки запасов τ достигает уровня S_i . Тогда средняя ежедневная потребность в запасах r в это же время определяется как:

$$r = \frac{\sum_i p_i S_i}{\tau}, \quad (4)$$

где $\sum_i p_i = 1$. Значение S_i может колебаться от 0 до $r_{\max}\tau$.

Дефицит запаса в состоянии i определяется как разница

$$\Delta S_i = S_i - S_0 = S_i - (r\tau + S_s), \quad (5)$$

где S_0 – точка заказа, то есть такой уровень запасов, после достижения которого следует размещать заказ,

S_s – размер страхового запаса.

В дальнейших расчетах принимается, что ΔS_i может принимать только положительные значения. В случае $S_i \leq S_0$, ΔS_i приравнивается к 0:

$$\Delta S_i = \begin{cases} S_i - (r\tau + S_s), & \text{если } S_i > (r\tau + S_s) \\ 0, & \text{если } S_i \leq (r\tau + S_s) \end{cases}, \quad (6)$$

Обозначим через l потери прибыли в случае нехватки одной единицы запаса. Тогда потеря прибыли по состоянию i будет $l\Delta S_i$, а средние потери по всем состояниям:

$$L = \sum_i p_i l \Delta S_i = l \sum_i p_i \Delta S_i, \quad (7)$$

Затраты по хранению страхового запаса в течение одного периода t оборачиваемости запасов:

$$E = \frac{kpS_s}{n}$$

Суммируя эти затраты, получаем совокупные затраты по поддержанию страхового запаса в течение одного периода оборачиваемости запасов. Таким образом, оптимальным уровнем страхового запаса является решение экстремальной задачи:

$$E_s(S_s) = l \sum_i p_i \Delta S_i + \frac{kpS_s}{n} \rightarrow \min, \quad (8)$$

$$\text{где } \sum_i p_i = 1,$$

$$\Delta S_i = \begin{cases} S_i - (r\tau + S_s), & \text{если } S_i > (r\tau + S_s) \\ 0, & \text{если } S_i \leq (r\tau + S_s) \end{cases},$$

$$r = \frac{\sum_i p_i S_i}{\tau}.$$

Подставляя значения параметров l , p_i , S_i , τ , k , p , n , которые считаются заранее известными, в (8), можно найти оптимальный уровень страхового запаса S_s^* .

Введение моделей, учитывающих особенности лесозаготовительного процесса, позволит учесть вероятность появления события, во временных рядах, при формировании значений которых, обязательно присутствовали сезонные и/или циклические факторы.

Один из распространенных подходов к прогнозированию состоит в следующем: ряд раскладывается на долговременную, сезонную (в том числе, циклическую) и случайную составляющие; затем долговременную составляющую подгоняют полиномом, сезонную – рядом Фурье, после чего прогноз осуществляется экстраполяцией этих подогнанных значений в будущее. Однако этот подход может приводить к серьезным ошибкам. Во-первых, короткие участки стационарного ряда (а в экономических приложениях редко бывают достаточно длинные временные ряды) могут выглядеть похожими на фрагменты полиномиальных или гармонических функций, что приведет к их неправомерной аппроксимации и представлению в качестве неслучайной составляющей. Во-вторых, даже если ряд действительно включает неслучайные полиномиальные и гармонические компоненты, их формальная аппроксимация может потребовать слишком большого числа параметров, т.е. получающаяся параметризация модели оказывается неэкономичной.

Принципиально другой подход основан на модификации ARIMA (или АРПСС) - моделей с помощью «упрощающих операторов». Схематично процедура построения сезонных моделей, основанных на ARIMA-конструкциях, модифицированных с помощью упрощающих операторов $\nabla T = 1 - F^T$, может быть описана следующим образом:

- применяем к наблюдаемому ряду x_t операторы Δ и ∇T для достижения стационарности;

- по виду автокорреляционной функции преобразованного ряда $x_{k,k}^{(T)}(t)$ подбираем пробную модель в классе ARMA- или модифицированных (в правой части) ARMA-моделей;

- по значениям соответствующих автоковариаций ряда $x_{k,k}^{(T)}(t)$

Диагностическая проверка полученной модели (анализ остатков в описании реального ряда x_t с помощью построенной модели) может либо подтвердить правильность модели, либо указать пути ее улучшения, что приводит к новой подгонке и повторению всей процедуры.

Ряд первых разностей случайного блуждания δt представляет собой белый шум, т.е. процесс ARMA(0, 0). Поэтому само случайное блуждание входит в класс моделей ARIMA как модель ARIMA(0, 1, 0).

В главе 4 покажем, как реализуются авторегрессионные модели АРПСС.

В четвертой главе определена целевая функция затрат, связанная с минимизацией издержек по созданию и потерей от дефицита продукции.

В настоящее время большинство технологических процессов лесозаготовительных работ основывается на применении систем машин, классификация которых может быть выполнена по следующим основным признакам: по виду получаемой продукции, перечню и последовательности операций, технологическим, эксплуатационным и нагрузочным режимам, по энергоемкости, удельным затратам заготовки 1 м³ древесины, типу машин, конструктивным особенностям и параметрам машин, в том числе, лесотехнологического оборудования, по требованиям экологического равновесия окружающей среды. В настоящий момент в России производят хлыстовым методом 52% лесозаготовок, по сравнению с 90-ми годами, когда заготовка хлыстами составляла 58%.

С учетом сортиментной заготовки, рост которой показан на рисунках 3 - 4, и возможностью вывозки древесины напрямую с лесосеки отпадает необходимость в создании нижних складов. Промежуточные склады выполняют роль

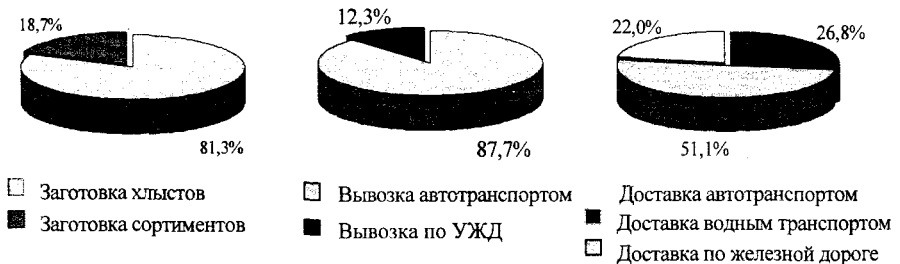


Рисунок 3 – Технологическая структура лесозаготовительного производства ЛПК Архангельской области по состоянию на 01.01.2005 г.

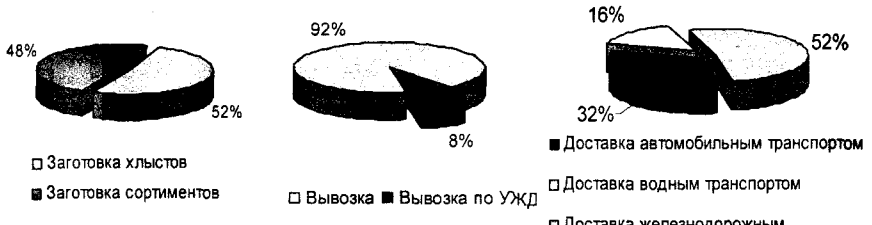


Рисунок 4 – Технологическая структура лесозаготовительного производства ЛПК Архангельской области по состоянию на 01.01.2009 г.

промежуточных элементов – транзитных пунктов – основная специфика которых временное, сезонное, складирование сортиментов с их дальнейшей вывозкой продукции потребителям. Никаких логистических операций, предусматривающих качественное изменение древесного сырья на данном этапе не предусматривается.

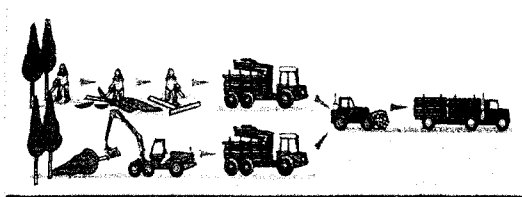


Рисунок 5 - Структурная схема лесозаготовительного процесса

Принципиальные технологические процессы на лесозаготовках и в России, и за рубежом остаются неизменными (рис. 5). Например, в ОАО «ИлимСеверЛес» применяется сортиментная заготовка с применением комплексов: харвестер на заготовке и раскряжевке, форвардер – на вывозке и штабелевке леса вдоль

усов и веток. Наряду с сортиментной заготовкой, есть предприятия, которые применяют хлыстовую технологию заготовки древесины с последующей раскряжевкой на нижних складах. При этом достигается более полное его использование (увеличение на 20...25%).

На примере ОАО «ИлимСеверЛес» определим требуемый уровень надежности транспортной системы и определим уровни страховых запасов, которые необходимо формировать для осуществления бесперебойной поставки древесины.

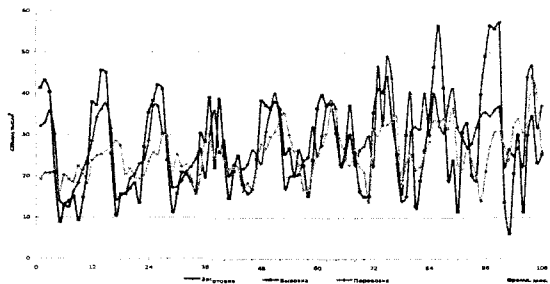


Рисунок 6 – Временная развертка исходных процессов

Временная развертка исходных временных рядов процессов представлена на (рис. 6).

Функции распределения и тренд временные характеристики представлены на (рисунках 7-9).

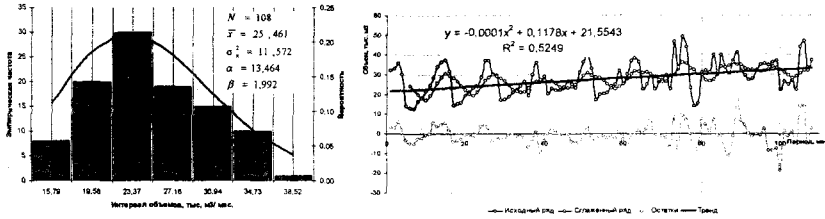


Рисунок 7 – Функция распределения и временная развертка ряда - заготовка

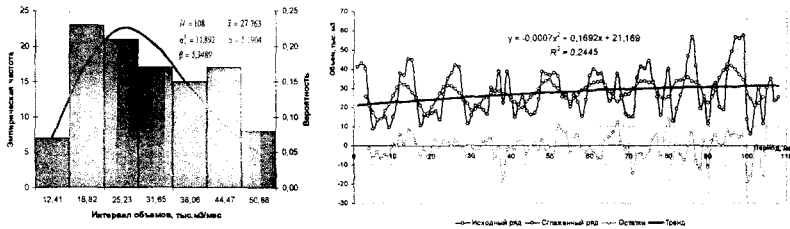


Рисунок 8 – Функция распределения и временная развертка ряда - вывозка

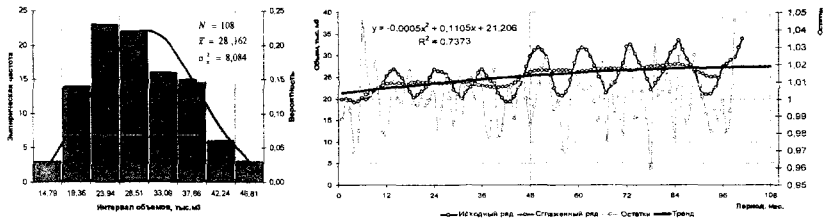


Рисунок 9 – Функция распределения и временная развертка ряда - перевозка

Остаточный ряд считается полностью определенным, если известен закон распределения его уровней и выявлена внутренняя статистическая структура ряда, характеристиками которой являются моменты второго порядка: автокорреляционная функция или, что математически эквивалентно, спектральная плотность дисперсии.

В статистической динамике последовательность ошибок во временных рядах ассоциируется с реализацией авторегрессионного процесса

$$\varepsilon_t = r_1 \varepsilon_{t-1} + r_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \xi_t = \sum_{\tau=1}^p r_\tau \varepsilon_{t-\tau} + \xi_t, \quad |r_\tau| < 1, \quad (9)$$

где r_τ – коэффициенты авторегрессии, соответствующие временному сдвигу τ ;

p – порядок авторегрессионной модели;

ξ_t – случайный компонент типа белый шум.

Неравенство $|r_\tau| < 1$ выражает условие устойчивости модели.

Дисперсия белого шума σ_ξ^2 определяется по формуле:

$$\sigma_{\xi}^2 = \left(1 - \sum_{\tau=1}^p \alpha_{\tau} \rho_{\tau} \right) \sigma_{\varepsilon}^{2*}, \quad (10)$$

где $\sigma_{\varepsilon}^{2*}$ - стандартная оценка дисперсии остаточного ряда $\{\varepsilon_t^*\}$, полученная прямым счетом.

Исследуемые ряды $\{X_t\}$, $\{Y_t\}$ и $\{Z_t\}$ являются не стационарами, и их оценка требует временных сдвигов в один лаг с целью исключения автокорреляции между остатками и сдвига в лаг, равной сезонности – для исключения влияния тренд-составляющей, сезонной и циклической составляющих.

О наличии автокорреляции в исходном ряде $\{X_t\}$ свидетельствует вид графика функции распределения нециклических коэффициентов автокорреляции $R_{\theta}^*(X)$, которые определяются по формуле

$$R_{\theta}^*(X) = \frac{\sum_{t=1}^{T-\theta} X_t X_{t+\theta} - \frac{\sum_{t=1}^{T-\theta} X_t \sum_{t=\theta+1}^T X_{t+\theta}}{T-\theta}}{\sqrt{\left[\sum_{t=1}^{T-\theta} X_t^2 - \frac{\left(\sum_{t=1}^{T-\theta} X_t \right)^2}{T-\theta} \right] \left[\sum_{t=\theta+1}^T X_t^2 - \frac{\left(\sum_{t=\theta+1}^T X_t \right)^2}{T-\theta} \right]}}, \quad (11)$$

Коррелограммы исходных рядов представлены на рисунке 12.

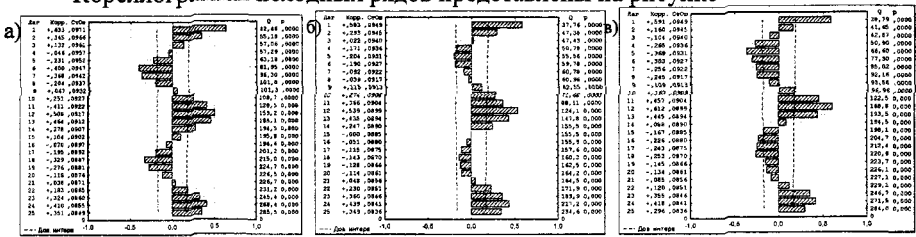


Рисунок 10 - Коррелограммы исходных процессов: а) заготовительное производство, б) вывозка круглых лесоматериалов, в) перевозка круглых лесоматериалов

Как видно, значения коррелограмм $R_1\{X_t\}=0,583$, $R_1\{Y_t\}=0,591$, $R_1\{Z_t\}=0,633$ на лаге 1 превышают допустимые значения, что априори заставляет сделать вывод о нестационарности исследуемых процессов. Так же видно, что в исследуемых величинах присутствует ярко-выраженная сезонная компонента - всплеск коррелограмм на 12 лаге $R_{12}\{X_t\}=0,559$, $R_{12}\{Y_t\}=0,612$, $R_{12}\{Z_t\}=0,508$. Наличие данной составляющей вызывает отклонения в исследуемом процессе, накладывая своеобразный шум. Доказано, что наиболее успешными являются модели с параметрами авторегрессии от 1 до 10 с условием нормальности распределения остатков и отсутствием корреляции.

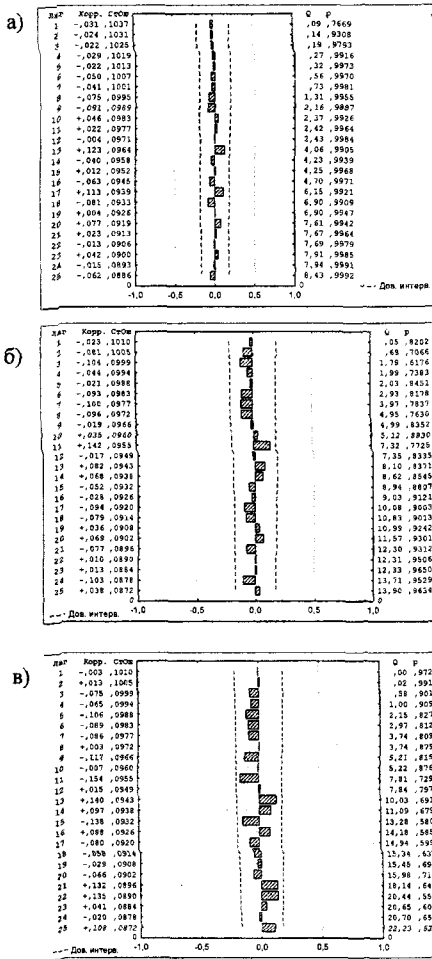


Рисунок 11 – Параметры автокорреляционных функций остатков: а) заготовительного производства, б) вывозки круглых лесоматериалов, в) перевозки круглых лесоматериалов.

Учитывая данный факт, подберем параметры данных моделей. Для этого воспользуемся АРПСС с параметрами модели: параметры авторегрессии (p), порядок разности (d), параметры скользящего среднего (q), сезонная авторегрессия (ps), сезонная разность (ds) и сезонное скользящее среднее (qs). Таким образом, полная сезонная АРПСС может быть записана как АРПСС (p,d,q)(ps,ds,qs).

В нашей работе, авторегрессионные модели будут представлены следующими параметрами:

- для лесозаготовительного процесса, АРПСС (7,1,0)(1,1,0);
- для процесса вывозки лесоматериалов, АРПСС (7,1,0)(1,1,0);
- для процесса перевозки лесоматериалов, АРПСС (8,1,0)(1,1,1).

Видно, что все представленные модели имеют сезонную составляющую на 12 лаге, однако количество параметров моделей авторегрессии различно. В случае с вывозкой лесоматериалов наиболее оправданной является модель с семью показателями и с отсутствием сезонной скользящей средней, приводящей к стабилизации остатков временного ряда.

В остатках исследуемых временных рядов отсутствует автокорреляция, и они нормально распределены.

Полученные новые ряды являются стационарными, что дает нам полное право на применение кросспектрального анализа Фурье и определения фазовых сдвигов одного процесса относительно другого.

Формулу для оценки спектральной плотности запишем в виде

$$f^*(\omega_k) = \frac{C_0}{2\pi} + \frac{1}{\pi} \sum_{\tau=1}^{\frac{n}{2}} \left[1 - \frac{6\tau^2}{n^2} \left(1 - \frac{\tau}{n} \right) \right] C_\tau \cos \omega_k \tau + \frac{2}{\pi} \sum_{\tau=\frac{n}{2}+1}^{n-1} \left(1 - \frac{\tau}{n} \right)^3 C_\tau \cos \omega_k \tau \tag{12}$$

где τ – временной сдвиг;

n – ширина сглаживаемой полосы частот (ширина спектрального окна).

Из (12) видно, что значения оценок спектральной плотности зависят от формы и ширины спектрального окна. Если спектральное окно с широкой полосой частот, то оно довольно сильно сглаживает оценки, уничтожая существенные детали спектра. И напротив, применение

слишком узкой полосы сглаживания позволяет выявить отдельные детали спектра, возможно существенные, но увеличивает дисперсию оценок и затрудняет интерпретацию результатов.

Критерием оценки фазового смещения процессов является функция когерентности. Из (рис. 13) можно сделать

вывод, что на уровне надежности 0,95 существует достаточно сильная связь рассматриваемых процессов, причем высоким значениям когерентности со-

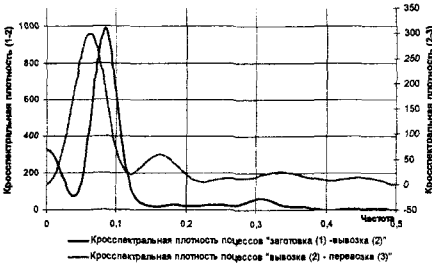


Рисунок 12 - Кросспектральная плотность взаимодействия процессов заготовка - вывозка

ответствуют малые значения угла фазового сдвига и наоборот.

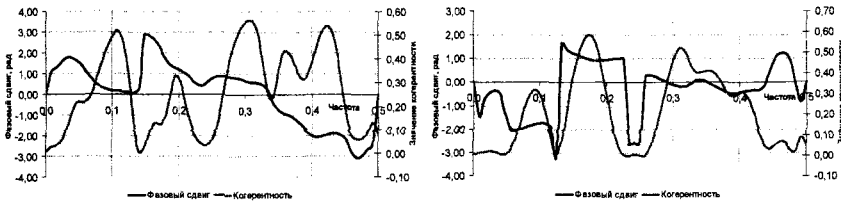


Рисунок 13 - Оценки когерентности и фазового сдвига процессов производства круглых лесоматериалов и вывозки древесины, вывозки древесины и перевозки круглых лесоматериалов

Рассматриваемые технологические процессы вывозки и перевозки древесины не являются ни стационарными, ни гауссовскими. Поэтому представление их с помощью чередующихся во времени состояний и описания обыкновенными дифференциальными уравнениями в стандартной форме, будет неправомерно.

Выполним декомпозицию исходного ряда показателей вывозки $\{X_i\}$ с выделением случайного стационарного остаточного ряда $\{\xi_i\}$ с математическим ожи-

данием $E[\xi_t] = 0$ и дисперсией σ_{ξ} , соответствующего белому шуму, разложим дисперсию в спектр и определим спектральную плотность.

Представим функциональную надежность лесотранспортных систем (ТС) как вероятность пребывания остаточного процесса вывозки в допустимой области Ω в период времени T

$$P(t) = P[\xi(t) \in \Omega; 0 \leq t \leq T]. \quad (13)$$

Очевидно, что ТС является оптимальной по надежности тогда, когда вероятность пребывания процесса в допустимой области Ω за время $0 \leq t \leq T$ будет максимальной.

При решении данной задачи будем ориентироваться только на нижнюю границу A_{ξ} допустимой области, поскольку в реальных условиях факт существенного перевыполнения графика вывозки древесины в отдельных интервалах времени формально хоть и означает выход процесса вывозки из области допустимых состояний, но не может рассматриваться как отказ ТС.

При спросе, превысившем нормативный запас, доля времени существования дефицита равна $1-S/x$. В качестве критерия оптимальности выберем функцию минимума затрат

$$L(S) = h \int_0^S (S-x)f(x)dx + d \int_S^{\infty} (1-S/x)f(x)dx + c(s-z) \quad (14)$$

где z – величина дефицита,
 S – требуемый запас продукции,
 h – расходы на хранение избыточной партии,
 c – издержки при дефиците,
 d – время существования издержек при возникновении дефицита.

Возьмем производную по запасу и приравняем к нулю,

$$c + h \int_0^S f(x)dx - d \int_S^{\infty} \frac{f(x)}{x} dx = 0. \quad (15)$$

Плотность распределения времени дефицита определяется законом пуассоновского потока.

Любой поток случайных событий характеризуется своей интенсивностью, т.е. числом событий в единицу времени

$$\mu_{\xi} = \frac{1}{T} M\{n^+(A_{\xi}, T)\} = \frac{1}{T} N^+(A_{\xi}, T) \quad (16)$$

Вероятность того, что за период $0 \leq t \leq T$ в системе произойдет хотя бы один отказ, отождествляется с оценкой среднего числа пересечений процессом границ области допустимых значений в единицу времени. При этом предполагается, что выброс процесса является редким событием, и среднее число пересечений границ пренебрежимо мало в сравнении с единицей.

Для функции надежности возможно использование следующей формулы:

$$P(t) \approx 1 - \frac{1}{T} \cdot N^{\pm}(A_{\xi}, T), \quad (17)$$

где $N^{\pm}(A_{\xi}, T)$ – среднее число пересечений процессом $\xi(t)$ верхней и нижней границ области допустимых значений за время $0 \leq t \leq T$.

Применительно к процессам типа белый шум пересечение процессом нижнего и верхнего пределов является равновероятным, поэтому далее индекс (\pm) в обозначении $N(A_{\xi}, T)$ будем опускать.

В окончательном виде, среднее число пересечений процессом $\xi(t)$ верхней и нижней границ области допустимых значений будет определяться

$$N(A_{\xi}, T) = \frac{T}{2\pi} \sqrt{-\rho_{\xi'(\tau)}} \exp\left(-\frac{A_{\xi}^2}{2\sigma_{\xi}^2}\right), \quad (18)$$

где $[-\rho_{\xi'(\tau)}]$ – вторая производная корреляционной функции остаточного процесса вывозки древесины $\xi(t)$.

Вектор ожидаемого риска

$$R(m) = L^0 P(m),$$

где L^0 – матрица риска,

$P(m)$ – вектор апостериорных вероятностей $x \in X$, на m шаге процесса, определяемом по формуле Байеса

$$P(m) = \frac{(x_i - x_{i-1}) \prod_{k=1}^{m-1} \Pr\{x_k | x \in X_i\}}{\sum_{l=0}^n (x_l - x_{l-1}) \prod_{k=1}^{m-1} \Pr\{x_k | x \in X_l\}}, \quad (19)$$

в которой

$$\Pr\{x_k | x \in X_i\} = \frac{1}{x_i - x_{i-1}} \left(e^{-x} \sum_{k=0}^x \frac{x^k}{k!} \right)_{x_i}^{x_{i-1}}.$$

Анализируя ряд [a; b] интенсивности заготовки, получаем, что количество интервалов разбиения $m = 11$ с координатами точек деления $x_i = \{12,50, 15,83, 19,15, 22,48, 25,81, 29,14, 32,46, 35,79, 39,12, 42,45, 45,77\}$ причем координаты точек деления выбирались таим образом, чтобы запас на исследуемом интервале был оптимален и выполнялось условие $a < x < x_i$. Вероятности составили $p_i = \{0,0648, 0,0556, 0,1111, 0,1759, 0,1111, 0,1852, 0,0833, 0,1204, 0,0370, 0,0185, 0,0278\}$.

Таблица 1 - Матрица риска

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,00	0,23	2,33	3,18	6,87	19,54	32,76	57,64	100,23	132,87	140,31
2	7,50	0,00	0,80	1,09	15,96	26,04	54,90	72,20	98,54	126,66	132,80
3	24,88	6,50	0,00	0,38	5,49	8,96	23,44	45,70	67,45	87,96	111,44
4	45,44	32,50	5,92	0,00	0,34	2,56	7,13	18,78	43,56	77,80	97,00

Продолжение таблицы 1.

5	111,69	66,10	40,24	5,32	0,00	0,30	5,12	9,67	25,86	44,89	77,90
6	130,45	98,83	67,32	43,90	4,98	0,00	0,26	11,65	34,67	48,14	55,80
7	222,43	144,03	99,13	67,94	45,65	4,54	0,00	0,24	7,12	18,80	34,78
8	310,11	217,36	147,51	100,67	68,82	46,72	4,06	0,00	0,21	5,41	11,60
9	410,94	294,31	208,84	145,45	100,46	69,09	47,27	3,98	0,00	0,19	3,44
10	520,28	380,09	275,26	197,60	140,02	98,15	68,26	47,16	3,34	0,00	0,15
11	600,04	457,27	341,78	251,85	183,45	132,03	93,95	66,21	46,27	3,00	0,00

Вектор риска составил $L_0 = 320,66$. Следует отметить, что с возрастом риска идет уменьшение уровня запасов.

Результаты расчетов и выводы технологического анализа отталкиваются от нижней допустимой границы значений показателей вывозки древесины. Минимальная граница найдена при минимизации функции затрат.

Данная минимальная граница уровня страхового запаса установлена теоретическим путем, оно требует уточнения при более тщательном исследовании дефицита продукции лесоматериалов.

В пятой главе приведен сравнительный анализ дистанционных методов управления процессом вывозки и перевозки лесопроизводства. На сегодняшний день это занимает одно из ключевых положений. Сокращение сроков доставки и простоя техники в ожидании погрузки, перемещение с пункта на пункт – все это способствует повышению производительности и эффективной работе предприятия. Одним из ключевых направлений в данной области является применение GPS, авиационной и космической съемки, а так же динамического зондирования земли (ДЗЗ).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Проведен анализ создаваемых запасов и транспортно-технологических схем поставки круглых лесоматериалов на лесоперерабатывающие предприятия лесопромышленного комплекса Архангельской области. Среди применяемых схем выделены основные, чаще применяемые на предприятиях.
2. При выполнении работы применялись методы теории вероятностей и математической статистики; гармонический анализ Фурье; корреляционный, спектральный и кросс-спектральный анализы; теория авторегрессионных функций. Математическое моделирование и обработка экспериментальных данных выполнялись с применением пакетов стандартных статистических программ.
3. Проведен анализ применяемых транспортно-логистических моделей по управлению уровнями запасов в системах лесопромышленного комплекса. Выделены критерии, обеспечивающие минимальный – страховой уровень запасов – на стыках логистических операций (заготовка, вывозка, перевозка).
4. Установлено, что внутренней статистической структуре временных рядов показателей процессов лесозаготовок свойственна сильная автокоррелированность последовательных уровней и существенное отличие распределения плотности вероятности от нормального распределения.

5. Динамику лесозаготовительных процессов с резко выраженной сезонностью (у предприятий, осуществляющих вывозку древесины исключительно в зимний период) наиболее адекватно идентифицируют математические модели на основе уравнений полусинусоидальных импульсов со срезанной нижней полуволной. Применение таких моделей исключает появление отрицательных значений теоретических объемов вывозки.
6. Предложен новый способ оценки лесозаготовительного производства на основе теории функциональной надежности.
7. Приведен анализ систему дистанционного автоматизированного управления. В качестве дистанционного контроля за географическим положением запасов на удаленных участках лесотранспортной систем предложена методика дистанционного зондирования земли, обеспечивающая универсальность получения показаний и применимость практически при любых метеорологических условиях. Впервые оценена возможность применения данного метода для оценки объемов и контроля хищения древесины.
8. Анализ современных средств дистанционной съемки показал, что для управления местоположением штабелей леса на начальных этапах транспортно-технологической цепи заготовка-вывозка, возможно применение спутниковых и аэрофотоснимков.
9. Анализ существующих методов дистанционной съемки удаленных объектов показал, что для оценки местоположения штабелей на верхних и промежуточных складах и их планового обоснования возможно применение снимков высокого разрешения (до 20 м).
10. Применение снимков высокого и сверхвысокого масштабов позволит контролировать не только собственные запасы древесины, но и оценивать древостой на корню. Совместное использование цветных, монохроматических и спектральных снимков позволит оценивать объем зеленой массы древостоя и грунтово-гидрологические условия при заготовке и вывозке лесопродукции.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Карякин А.А. К определению запасов древесины в ЛПК Архангельской области [Текст] / А.А.Карякин // Лесн. журн. - 2008. - № 5- С.51-53.(Изв. высш. учеб. заведений).
2. Карякин А.А. Новые информационные технологии управления лесозаготовками. Наука - Северному региону: сб. науч. тр. / Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2009, № 78. - с.114-117.
3. Практикум по лесотранспортной логистике / сост.: Ф.А. Павлов, Н.Н. Буторин, Н.Ф. Павлова, А.А. Карякин; под ред. проф. Ф.А. Павлова. - Архангельск: АГТУ, 2008. - 62 с.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями просим направлять по адресу: 163002, г. Архангельск, ул. наб. Северной Двины, д.17, АГТУ, ученому секретарю диссертационного совета Д212.008.01 Земцовскому А.Е.