

На правах рукописи



Завадская Елена Сергеевна

**МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО
ХОЛДИНГА В УСЛОВИЯХ СЛУЧАЙНОГО СПРОСА**

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям химико-лесного комплекса)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург-2004

Работа выполнена на кафедре математической экономики и эконометрики Уральского государственного лесотехнического университета.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Ковалев Р.Н.
Научный консультант: кандидат технических наук, доцент, Сидоров Б.А.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Каржавин В.В.
кандидат технических наук, доцент Тойбич В.Я.

Ведущая организация: ОАО «УралНИИЛП»

Защита состоится « 28 » декабря 2004 г. в 10.00 часов в аудитории 1-401 на заседании диссертационного совета К.212.281.01 Уральского государственного лесотехнического университета (620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, УГЛТУ).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан «28» ноября 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент



А.И.Монтиле

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время около 70% лесопромышленных предприятий (ЛПП) Свердловской области являются убыточными. Правительством области принята на 1999-2005 годы региональная программа реструктуризации лесопромышленного комплекса, предусматривающая решение технологических, экономических и социальных проблем ЛПП. Особое внимание в программе уделяется формированию вертикально-интегрированных структур на базе действующих предприятий лесопромышленного комплекса области. Проблема создания вертикально-интегрированных компаний не может быть реализована на практике без научного решения вопросов автоматизации и управления основными технологическими процессами и производствами таких систем, в частности системой управления ресурсами. Задача управления ресурсами возникает, когда необходимо создать запас материальных ресурсов или предметов потребления с целью удовлетворения спроса на заданном интервале времени.

Цель и задачи исследования. Целью данной диссертационной работы является разработка методов, моделей и программного обеспечения, обеспечивающих повышение эффективности управления ресурсами лесопромышленного холдинга с учетом случайного спроса на продукцию.

Достижение цели диссертационного исследования осуществляется путем решения следующих задач:

- изучение современного состояния проблемы управления ресурсами в лесопромышленных холдингах как объекта автоматизации и управления их технологическими процессами;
- разработка методов математического моделирования системы управления ресурсами с учетом случайного спроса на продукцию;
- обоснование основных параметров имитационной модели управления ресурсами;
- разработка программного обеспечения, реализующего разработанную систему управления ресурсами лесопромышленного холдинга;
- разработка методики эксперимента;
- апробация модели в условиях вычислительного эксперимента;
- исследование параметров случайного спроса на действующих лесных предприятиях и практическая апробация работы.

Объект исследования. Объектом исследования являются процессы управления материальными ресурсами в рамках АСУИ лесопромышленных предприятий в составе холдинга.

Предмет исследования. Предметом исследования выступают методы математического моделирования организационно-технологических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления.

Методы исследования. В процессе подготовки отдельных глав диссертационного исследования в зависимости от поставленных целей и решаемых задач использовались методология системного анализа, методы теории вероятности, теории принятия решений, в частности методы оптимизации нулевого порядка. Все вычисления и обработка экспериментальных данных проводились на персональном компьютере с использованием Microsoft Excel / 2000, программное обеспечение реализовано в среде TurboPascal / 7.0.

Достоверность и обоснованность результатов исследования подтверждается корректным использованием теоретических и экспериментальных методов обоснования полученных результатов, выводов, рекомендаций. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современных средств и методик проведения исследований. Положения теории основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин, сопряженных с предметом исследования диссертации. Обоснованность результатов основывается на согласованности данных эксперимента и теоретических выводов.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Концепция задачи оптимизации системы управления запасами лесопромышленного холдинга с учетом случайного спроса на продукцию.
2. Обоснование выбора метода моделирования.
3. Оптимизационная математическая модель системы управления запасами лесопромышленного холдинга с учетом случайного спроса на продукцию.
4. Система зависимостей значений целевой функции прибыли от основных влияющих факторов (цена ресурсов, цена реализации, затраты на хранение, издержки от неудовлетворенного спроса, величина дисперсии спроса).

Научная новизна. Разработана концепция задачи оптимизации системы управления ресурсами лесопромышленного холдинга с учетом случайного спроса на продукцию.

Обоснован выбор метода моделирования системы управления ресурсами лесопромышленного холдинга с учетом случайного спроса на продукцию.

Разработана оптимизационная математическая модель системы управления ресурсами лесопромышленного холдинга в условиях случайного спроса.

Найдены зависимости изменения целевой функции прибыли от основных влияющих факторов - изменение разницы между ценой реализации и ценой сырья, затраты на хранение, издержки от неудовлетворенного спроса, величина дисперсии спроса.

Практическая ценность. Результаты работы позволят предприятиям в составе ЛПХ выработать оптимальную стратегию управления ресурсами в условиях случайного спроса.

Реализация работы. Результаты работы экспериментально апробированы на ОАО «Лобва» (Свердловская обл., п.Лобва), «Ляля-лес» (Свердловская обл., г.Новая Ляля), «Юшалинский ДОК», а также в учебном процессе УГЛТУ.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались:

- на научно-технической конференции студентов и аспирантов УГЛТУ / (г. Екатеринбург, 2001);
- на международной научно-технической конференции «Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса»: УГЛТУ (г.Екатеринбург, 2003);
- на международной научно-технической конференции «Управление проектами – основа современного организационного менеджмента»: УГТУ-УПИ (г.Екатеринбург, 2004).

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 4 печатных работах автора.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и библиографии из 104 наименований. Работа содержит 144 страницы текста, 2 приложения, 10 рисунков, 7 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отражены актуальность темы, цели и задачи диссертации, новизна и практическая ценность полученных результатов, структура диссертации и положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрено современное состояние проблемы управления ресурсами. Для построения модели системы управления ресурсами ЛПХ определены основные влияющие факторы, из которых особое внимание уделено спросу на продукцию. Спрос можно удовлетворить путем создания определенного запаса. Причем, если уровень запаса недостаточен для удовлетворения спроса, то возникают потери, связанные с появившимся дефицитом товара. Если же уровень запаса велик и превышает спрос на него, то увеличиваются издержки, связанные с приобретением товара, а также затраты на складирование.

Рассмотрен один из существующих вариантов решения задачи об оптимальном запасе при неопределенном спросе на него – методом сведения целевой функции со случайными параметрами к вероятностным ограничениям. Но оптимального решения задачи этот метод не дает и способствует только нахождению приемлемого способа действия.

Рассмотрена проблема управления ресурсами в ЛПХ. Проанализирован расчет максимума прибыли из работы к.т.н. Гершеева А.С., в котором

спрос на продукцию принимался постоянной величиной, исходя из данных об объемах реализации продукции предыдущих периодах. Такой подход не позволяет ответить на вопрос: оптимален ли запас, является ли его величина наиболее выгодной для предприятия.

Описано современное состояние проблемы автоматизации технологических и управленческих процессов в лесопромышленном комплексе Свердловской области, рассмотрена система управления ресурсами как одна из подсистем управления технологическими процессами, требующих автоматизации.

Во второй главе приведены общие принципы постановки задачи оптимизации управления ресурсами лесопромышленного холдинга с учетом случайного спроса на продукцию.

Принята следующая постановка: имеется m технологических способов организации производства, в котором участвуют n ингредиентов (это могут быть различного вида производственные факторы, виды исходного сырья, промежуточных и конечных продуктов).

Каждый из этих способов в моменты времени $t (t=0, 1, \dots, n-1)$ характеризуется матрицей B «затраты-выпуск» с матричными элементами b_{ij} , $i=1, \dots, n, j=1, m$.

Если $b_{ij} (t) < 0$, то будем считать, что i -тый ингредиент при j -том способе производства «затрачивается» в размере b_{ij} в каких-либо единицах.

Если $b_{ij} > 0$, то b_{ij} определяет «выпуск» i -того ингредиента в j -том способе производства. Обозначим интенсивность использования j -того способа производства в период (t) через $U_j (t)$.

$Q_{\alpha i} (t+1)$ - количество продукции, образовавшейся на складе к концу $(t+1)$ -го периода (точнее, это количество j -того ингредиента). Эта величина складывается из остатков (запасов) предыдущего t -го периода и продукции, произведенной в этот $(t+1)$ период.

Тогда в этих обозначениях имеем:

$$Q_{\alpha i} (t+1) = Q_{\alpha i} (t) + \sum_{j=1}^m b^{\alpha ij} (t) U^{\alpha j} (t). \quad (1)$$

Или в матричной форме:

$$\bar{Q} (t+1) = \bar{Q} (t) + B (t) U (t), \bar{Q} \geq 0 \quad (2)$$

Так как это модель холдинга, то необходимо просуммировать всю произведенную в холдинге продукцию. Для этого вводим еще один индекс на переменные α - порядковый номер предприятия.

Тогда вся произведенная к концу $(t+1)$ -го периода продукция:

$$\bar{Q} (t+1) = \bar{Q} (t) + \sum_{\alpha} B^{\alpha} (t) U^{\alpha} (t) \quad (3)$$

Таким образом постановка задачи оптимизации в векторной форме выглядит следующим образом:

$$\bar{Q} (t+1) = \bar{Q} (t) + B (t) U (t) \quad (4)$$

где $Q (t+1)$ - количество продукции, произведенное к концу $(t+1)$ -го периода;

$B (t)$ - технологическая матрица с элементами i и j ;

$U (t)$ - интенсивность использования управляющих переменных.

В словесной формулировке: необходимо найти такие значения управляющих переменных $U (t)$ в целевой функции, чтобы их реализация на практике работы предприятий холдинга доставила такие значения $Q (t)$, для которых средний объем продаж был бы максимальным.

Задача оптимизации состоит в том, чтобы определить оптимальный объем продукции (запасов) холдинга, при котором он получит максимальную прибыль.

Предлагаемая математическая модель управления лесопромышленным холдингом основывается на следующих представлениях:

1. Каждое предприятие имеет в составе своего лесного фонда вполне определенные запасы сырья. Будем считать, что величина этих запасов определена к началу текущего года, а к концу его должна быть заготовлена, переработана и реализована.

2. Эти предприятия обладают какими-то мощностями, загрузка которых может варьироваться по нескольким параметрам. Количество произведенной продукции существенно зависит от интенсивности работы упомянутых перерабатывающих мощностей оборудования, поэтому эти интенсивности приняты в качестве управляющих переменных в задаче.

3. Для упрощения алгоритма расчета принято предположение, что все предприятия холдинга могут производить полный набор товарной продукции. Если же на практике это не так, и какое-то предприятие не производит определенный вид продукции, то просто в соответствующем месте необходимая переменная примет значение, равное нулю.

4. Каждое отдельное предприятие производит и отгружает проданную продукцию.

5. Временным экономическим горизонтом является календарный год. Выбрана дискретная модель, где за «квант времени» принята меньшая единица - полгода. В течение этого периода на каждом предприятии образуются некоторые запасы готовой продукции, оставшейся от прошлого периода плюс произведенные к концу рассматриваемого (текущего). Причем величина последних зависит от интенсивности использования оборудования в этот период, а первые могут быть равными и нулю. Такое рассмотрение сближает эту модель с динамическими задачами.

6. Важнейшее предположение в модели заключается в том, что мы принимаем величину спроса на продукцию случайной величиной, имею-

шей какое-либо известное распределение во времени. Причем спрос на продукцию в текущем периоде может оказаться больше, чем ее имеется в наличии. Тогда часть заказов останется невыполненной и холдинг потерпит убытки в виде упущенной выгоды. Если же спрос на текущий период окажется меньше, чем может продать холдинг, то холдинг терпит реальные убытки, связанные, например, с затратами на хранение готовой продукции, ее порчей, охраной, пересортицей и т.д.

Со спросом связаны 2 величины:

а) средняя величина спроса:

$$\frac{Q}{\int_0^Q rf(r) dr} \quad (5)$$

б) средняя величина продаж при заданном запасе Q:

$$\langle \text{продажи, } Q \rangle = \int_0^Q rf(r) dr + Q \int_Q^\infty f(r) dr \quad (6)$$

Эти две величины кардинально отличаются по смыслу. Если запас Q мал, то средняя величина продаж будет тоже маленькой даже при очень большом спросе. Возникает неудовлетворенный спрос. При большом запасе Q, но малом спросе величина продаж будет также мала. Это приведет к неоправданным издержкам за хранение. Если ввести в формулу цену за единицу продукции, получим формулу дохода холдинга.

$$\langle \text{Доход от продаж } Q \rangle = \left(\int_0^Q rf(r) dr + Q \int_Q^\infty f(r) dr \right) * C_{\text{прод}} \quad (7)$$

Прибыль = Доход - Издержки

Формула минимальных издержек, основанная на том, что предприятия холдинга произвели оптимальный объем продукции, который точно будет продан, так как учтен случайный спрос.

$$C_{\text{хрр}} \sum_{r=0}^Q f(r) \left(Q - \frac{r}{2} \right) + C_{\text{хр}} \sum_{r=Q+1}^{\infty} f(r) \frac{Q^2}{2r} + C_{\text{ну}} \sum_{r=Q+1}^{\infty} f(r) \frac{(r-Q)^2}{2r} \quad (8)$$

Таким образом, целевая функция холдинга при условии производства оптимального объема продукции принимает вид:

$$\Pi = \left(\int_0^Q rf(r) dr + Q \int_Q^\infty f(r) dr \right) * C_{\text{прод}} - C_{\text{хрр}} \sum_{r=0}^Q f(r) \left(Q - \frac{r}{2} \right) + C_{\text{хр}} \sum_{r=Q+1}^{\infty} f(r) \frac{Q^2}{2r} + C_{\text{ну}} \sum_{r=Q+1}^{\infty} f(r) \frac{(r-Q)^2}{2r} \Rightarrow \max \quad (9)$$

В третьей главе описана методика проведения опытной проверки теоретически поставленной задачи оптимизации управления ресурсами ЛПХ. Исследовано поведение целевой функции в зависимости от изменения основных влияющих факторов: цены реализации продукции; затраты на хранение; издержки от неудовлетворительного спроса; величина дисперсии случайной величины спроса.

Для определения величины дисперсии случайной величины спроса были исследованы данные фактической реализации продукции на трех предприятиях области, ориентированных на: внешний рынок (ОАО «Лобва»), внутренний рынок (ОАО «Ляля-лес»), смешанный рынок (Юшалинский ДОК»).

Таблица 1

Реализация ОАО "Лобва" за 2003 год (внешний рынок)
(пиломатериалы хвойные экспортные)

Временной период (мес.)	Фактическая реализация (куб.м) G ₁	(Ĝ-G ₁)	(Ĝ - G ₁) ²
1	2	3	4
1	2 842	668	446 211
2	3 433,7	76	5 820
3	3 130,6	379	143 937
4	3 251,1	259	67 024
5	3 778,0	-268	71 829
6	3 841,9	-332	110 164
7	4 008,2	-498	248 213
8	3 637,4	-127	16 233
9	3 749,7	-240	57 461
10	3 427,3	83	6 838
Итого	35 100		1 173 730

Таблица 2

Реализация ОАО "Ляля-лес" (внутренний рынок)

Временной период (мес.)	Фактическая реализация (куб.м) G_1	$(\hat{G}-G_1)$	$(\hat{G} - G_1)^2$
1	2	3	4
1	1 903	447	200 077
2	2 299	51	2 601
3	2 096	254	64 567
4	2 177	173	30 033
5	2 529	-179	32 184
6	2 572	-222	49 417
7	2 684	-334	111 222
8	2 435	-85	7 276
9	2 511	-161	25 760
10	2 295	55	3 058
Итого	23 500		526 196

Таблица 3

Реализация Юшалинский ДОК (внутренний и внешний рынки)

Временной период (мес.)	Фактическая реализация (кв.м) G_1	$(\hat{G}-G_1)$	$(\hat{G} - G_1)^2$
1	2	3	4
1	705	166	27 490
2	852	19	357
3	777	94	8 874
4	807	64	4 134
5	938	-67	4 422

Продолжение табл.3

1	2	3	4
6	953	-82	6 790
7	995	-124	15 277
8	903	-32	999
9	931	-60	3 540
10	851	21	420
Итого	8 710		72 303

Методика эксперимента: в качестве конкретной имитационной модели системы управления ресурсами лесопромышленного холдинга был принят процесс производства двух видов продукции (пиловочника обычного и пиловочника экспортного) по двум технологиям (или способам производства) и с объемами пиловочника обычного – 5 000 м³ по первой технологии и 6 000 м³ – по второй; пиловочника экспортного – 5 600 м³ и 6 200 м³ соответственно; всего объем производства – 22 800 м³; период – календарный год.

Размерность пространства поиска (или вектора управлений U):

$$n = KolStep * KolTech . \quad (10)$$

где: n - размерность пространства поиска;

$KolStep$ – количество плановых периодов;

$KolTech$ – количество видов технологий.

Как показали эксперименты размерность пространства поиска может быть любой. В данном случае она равна 4.

Размерность вектора продукции:

$$m = KolProd * KolStep \quad (11)$$

где: m - размерность пространства поиска;

$KolProd$ – количество видов продукции;

$KolStep$ – количество плановых периодов.

В качестве управляемых переменных в задаче рассматривались:

$Spokk [1]$ – цена покупки сырья для 1-го вида продукции;

$Spokk [2]$ – цена покупки сырья для 2-го вида продукции;

$Sproo [1]$ – цена продажи 1-го вида продукции;

$Sproo [2]$ – цена продажи 2-го вида продукции;

$Cxpp [1]$ – затраты на хранение 1-го вида продукции;

$Cxpp [2]$ – затраты на хранение 2-го вида продукции;

C_{nuu} [1] – издержки от неудовлетворенного спроса на 1-й вид продукции;

C_{nuu} [2] – издержки от неудовлетворенного спроса на 2-й вид продукции;

R_{xx} – средний спрос на продукцию (данные из аналитических обзоров);

Σ [1] – дисперсия спроса.

Таблица 4

Переменные	Диапазон	Единицы измерения
σ	1.....4	тыс.р./куб м
$Spokk$ [1]	0,5	тыс.р./куб м
$Sproo$ [1]	0,6.....1,2	тыс.р./куб м
$Spokk$ [2]	0,6	тыс.р./куб м
$Sproo$ [2]	1,1.....1,7	тыс.р./куб м
C_{xpp} [1], [2]	0,0005.....0,5	тыс.р./куб м
C_{nuu} [1], [2]	3.....3000	тыс.р./куб м

Результаты данного численного эксперимента графически иллюстрированы на рис. 1- 7.

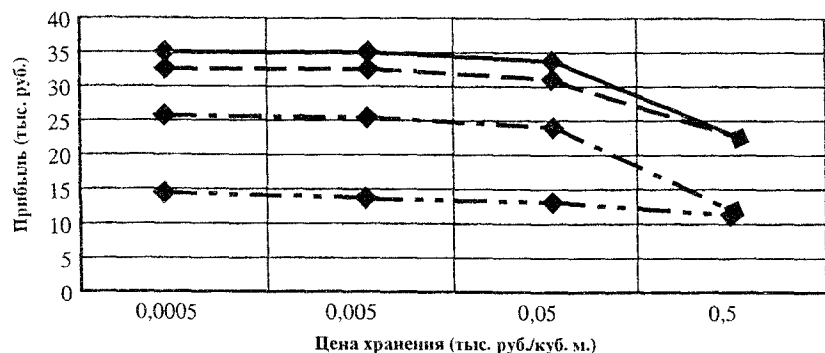


Рис.1. Изменение прибыли в зависимости от цены хранения при 700/1100

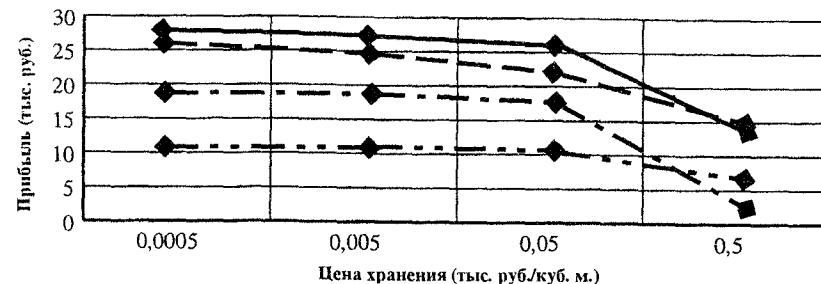


Рис.2. Изменение прибыли в зависимости от цены хранения при 500/900

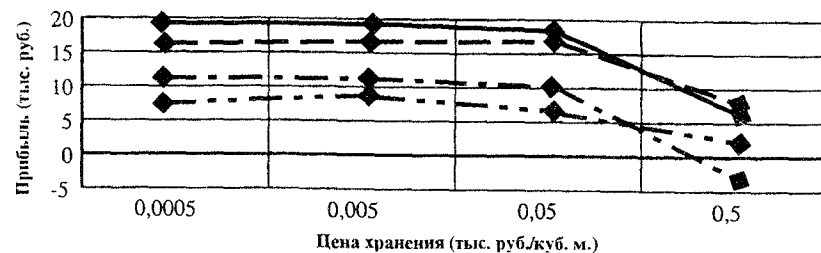


Рис.3. Изменение прибыли в зависимости от цены хранения при 300/700

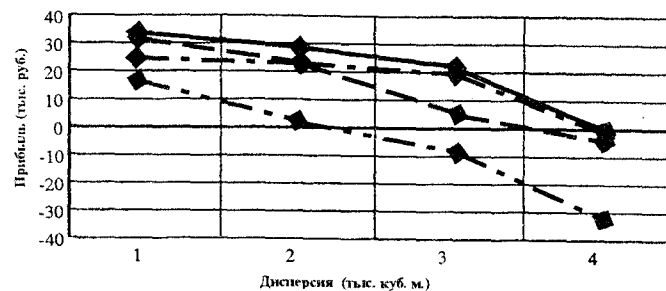


Рис.4. Изменения прибыли от изменения дисперсии спроса при 700/1100



Рис.5. Изменения прибыли от издержек от неуд. спроса при 700/1100

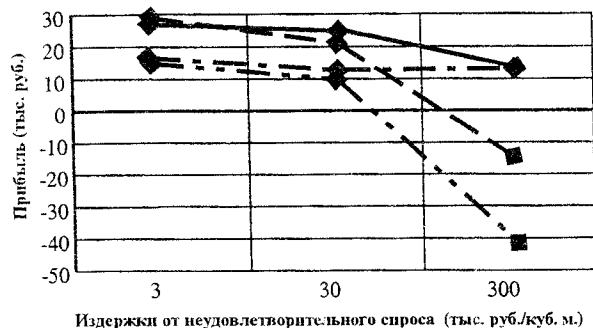


Рис.6. Изменения прибыли от издержек от неуд. спроса при 500/900

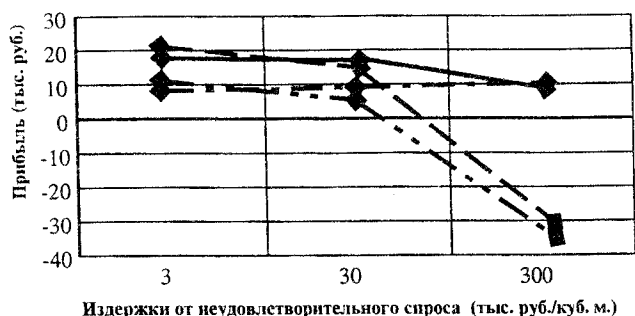


Рис.7. Изменения прибыли от издержек от неуд. спроса при 300/700

◆ - - Средний спрос 18 тыс. куб. м.; ◆ — Средний спрос 22 тыс. куб. м.;
 ◆ — Средний спрос 26 тыс. куб. м.; ◆ - - Средний спрос 30 тыс. куб. м.

В заключении приводятся итоги работы, формулируются выводы, вытекающие из результатов исследования.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ:

1) Исследования системы управления ресурсами лесопромышленного холдинга является актуальной проблемой в современных условиях хозяйствования.

2) Уточнены отдельные положения теории управления ресурсами в составе лесопромышленного холдинга, в частности: а) величина спроса на продукцию, принята как случайная величина, имеющая нормальное распределение во времени; б) в качестве целевой функции выведена функция максимума прибыли холдинга.

3) Разработаны методы математического моделирования организационно-технологической системы лесопромышленного холдинга в условиях случайного спроса. В качестве критерия оптимальности принята прибыль. Поскольку целевая функция максимума прибыль не является непрерывной и не может быть продифференцирована, то в работе использован метод поиска экстремума функции нулевого порядка.

4) Исследования зависимости изменения целевой функции от основных влияющих факторов показали, что кривая прибыли при спросе, равном 30 тыс.куб.м., практически не меняет конфигурации и только при возросшей цене хранения до 0,5 тыс.руб./куб.м. немного снижается. При спросе, равном 18, 22, 26 тыс.куб.м./год, прибыль резко снижается при увеличении цены хранения до 0,5 тыс.руб./куб.м. – с 24 тыс.руб. до 12 тыс.руб. Кривые прибыли при спросе равном 22 и 26 тыс.куб.м. ведут себя примерно одинаково: резкое снижение точки увеличения цены хранения с 0,05 до 0,5 тыс.руб./ куб.м. На остальных трёх графиках при меньшей разнице между ценами ресурсов и ценами реализации прибыль изменяется более явно в зависимости от изменения цены хранения.

Второй акцент в исследованиях сделан на изучение влияния на прибыль изменения такого фактора как издержки от неудовлетворенного спроса. Здесь наблюдается резкое снижение прибыли при спросах, равных 30, 22 и 26 тыс. куб. м., а при спросе 18 тыс. куб. м. влияние на прибыль менее заметное.

Также изучено влияние на прибыль изменения дисперсии спроса: от 1000 до 4000 куб.м. На рис. 4 видно, что прибыль практически везде снижается одинаково, кроме кривой, которая характеризует прибыль при спросе, равном 18 тыс. куб.м.

5) Апробация работы на действующих лесопромышленных предприятиях Свердловской области показала, что разработанные методы и модели управления ресурсами ЛПХ позволяют выработать оптимальную стратегию управления ресурсами в современных рыночных условиях.

б) Разработанные в диссертации методы математического моделирования и модели управления ресурсами адаптированы для автоматизации производства и интеллектуальной поддержки технологических процессов управления предприятиями.

Основные положения диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

1. Завадская Е.С. Необходимость формирования интегрированных структур в лесопромышленном комплексе // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: Сб. матер. междунар. науч.-техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. - Екатеринбург, 2003. С. 49-50.
2. Завадская Е.С., Ковалев Р.Н. Значение логистики в деятельности лесопромышленного холдинга // Сб. матер. научно-техн. конф. студ. и асп. / УГЛТА – Екатеринбург, 2001. с. 31-34.
3. Завадская Е.С. Формирование транспортно-технологических связей предприятий в рамках лесопромышленного холдинга // Сб. матер. научно-техн. конф. студ. и асп. / УГЛТА – Екатеринбург, 2001. с. 30-31.
4. Завадская Е.С., Ковалев Р.Н. Постановка задачи оптимизации лесопромышленного холдинга с учётом случайного спроса на продукцию // Управление проектами – основа современного организационного менеджмента: Сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. / Екатеринбург, ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004 Часть 2 с.268-273.