

Терентьева Зинаида Сергеевна

**РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
И МОДЕЛЕЙ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ
ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ
НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Специальность 05.02.22 –
организация производства (машиностроение)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Терентьева

Москва – 2006

Работа выполнена на кафедре промышленной логистики факультета инженерного бизнеса и менеджмента Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана.

Научный руководитель

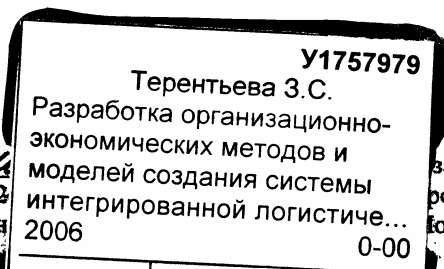
доктор технических наук, профессор
Колобов Альберт Алексеевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Орлов Александр Иванович

кандидат технических наук
Овсянников Михаил Владимирович

Ведущая организация:



Защита состоится «12» 6
диссертационного совета Д 2
техническом университете имен
Бауманская ул., д. 5.

заседании
роственном
осква, 2-я

Ва
просим

У 1757979

тью,

С
госудаг

кого

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока

Те

А

У
ка

А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современный этап развития мирового рынка наукоемкого производства характеризуется расширением процессов кооперации и интеграции между участниками жизненного цикла (ЖЦ) продукции и ужесточением конкуренции между производителями.

Главным фактором в конкурентной борьбе между производителями сложной техники становится не стоимость продукции (затраты «приобретения»), а ее эксплуатационная надежность на этапе послепродажного обслуживания (затраты «владения»). Простой объекта, связанный с отсутствием запасных частей на складах служб ТОиР, снижает эксплуатационную надежность продукции и ведет к недополучению прибыли потребителем продукции и применению штрафных санкций к производителю техники.

Основой обеспечения эксплуатационной надежности современной техники становится разработка и внедрение логистических автоматизированных систем управления поставками запасных частей в режиме реального времени. Такие системы должны объединять поставщиков и эксплуатантов в единое информационное пространство, обеспечивая интегрированную логистическую поддержку (ИЛП) изделия на этапе эксплуатации.

Отсутствие в настоящее время методов и моделей управления, увязывающих задачи обеспечения эксплуатационной надежности сложной техники с задачами производства запасных частей к ней, определили цель диссертационной работы.

Цель работы. Основной целью диссертационной работы является разработка организационно-экономических методов и моделей управления эксплуатационной надежностью наукоемкой продукции на основе создания системы её интегрированной логистической поддержки.

Для реализации поставленной цели в диссертационной работе решаются следующие **основные задачи**:

1. Анализ современных тенденций, существующих методов и подходов к созданию систем управления логистической поддержкой наукоемкой продукции на этапах её ЖЦ.
2. Исследование факторов, оказывающих влияние на поддержку эксплуатационной надежности при формировании системы ИЛП.
3. Разработка комплексного показателя логистической поддержки эксплуатационной надежности наукоемкой продукции.
4. Разработка базовой структуры и показателей системы ИЛП наукоемкой продукции, отражающих динамику потоковых процессов на этапе эксплуатации.
5. Разработка метода планирования потребности в запасных частях для послепродажного периода ЖЦ наукоемкой продукции, учитывающего выработку эксплуатационного ресурса и интенсивность эксплуатации наукоемкой продукции.
6. Разработка экономико-математической модели и алгоритма управления наукоемкой продукцией на этапе эксплуатации.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1757979

Терентьева З.С. Разработка

М Г Т У
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

7. Разработка функциональной модели и организационной структуры ИЛП наукоемкой продукции на этапе эксплуатации.

Предметом исследования в настоящей работе являются методы и модели организационно-экономического управления функционированием системы ИЛП наукоемкой продукции, а также вопросы создания организационно-функциональных структур при реализации послепродажного обслуживания продукции.

В качестве объекта исследования выбрана организационно-хозяйственная деятельность предприятий наукоемких отраслей отечественной промышленности при создании систем управления ИЛП наукоемкой продукции.

Методы исследования. Для решения поставленных в диссертационной работе задач использовались методы системного подхода, экономико-математического моделирования, концепции создания логистических систем, принципы стратегического управления, а также методы функционального моделирования с использованием стандарта IDEF0.

Научная новизна исследования состоит в следующих, выносимых на защиту результатах:

- исследованы составляющие эксплуатационной надежности наукоемкой продукции с целью определения ключевых факторов, положенных в основу разработки комплексного показателя её логистической поддержки;

- выявлены основные принципы и исследованы методы создания системы ИЛП, обеспечивающие повышение эксплуатационной надежности наукоемкой техники;

- предложена и обоснована базовая структура системы ИЛП как сложного динамического объекта, позволяющая отразить основные характеристики потоковых процессов – темпы, уровни запасов, запаздывания;

- разработана динамическая имитационная модель системы ИЛП наукоемкой продукции на этапе эксплуатации, позволяющая регулировать динамику протекания материальных и информационных потоков;

- разработаны функциональная модель и организационная структура системы ИЛП наукоемкой продукции, обеспечивающие эффективное взаимодействие и координацию участников ЖЦ продукции на этапе эксплуатации.

Практическая ценность. Данная работа имеет практическую значимость при проектировании, автоматизации и планировании хозяйственной деятельности предприятия и его сервисных центров, создании центров логистической поддержки продукции и позволяет:

- формировать базовую структуру системы ИЛП, отражающую механизм взаимодействия производителей и эксплуатантов наукоемкой продукции;

- определять потребность в запасных частях эксплуатанта наукоемкой продукции с учетом интенсивности эксплуатации и выработки объектом назначенного ресурса;

- создавать организационно-функциональную систему управления ИЛП, приводящую в соответствие темпы потребления и производства запасных частей;

- отслеживать и корректировать в режиме реального времени выполнение производственной программы в соответствии с изменением эксплуатационных параметров;

- формировать систему информационных потоков, входящих в состав системы ИЛП;

- моделировать процессы функционирования системы ИЛП для конкретного предприятия.

Апробация и реализация результатов исследования. Основные теоретические и методологические положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на заседаниях кафедры промышленной логистики МГТУ имени Н.Э. Баумана, а также на международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы управления», 23-24 октября 2002 года.

Теоретические положения диссертационной работы используются в учебном процессе при чтении лекций и проведении семинарских занятий по дисциплинам «Логистика наукоемких производств» и «Информационно-логистические системы» в МГТУ имени Н.Э. Баумана.

Практические положения диссертационной работы приняты для внедрения в ЗАО «Стинс Коман» и ОАО «Туполев», что подтверждено соответствующими документами.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано четыре работы общим объемом около двух печатных листов.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 120 наименования, и содержит 25 рисунков и 5 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается выбор темы исследования, её актуальность, связь с народнохозяйственными проблемами; формулируются цели и задачи, основные научные положения, защищаемые диссертантом, структура диссертации.

В **первой главе** – «Анализ современного состояния интегрированной логистической поддержки наукоемкой продукции на стадии эксплуатации» – проведён анализ современного состояния и тенденций развития наукоемкой промышленности, дан обзор подходов и концепций поддержки продукции на всех этапах ЖЦ.

Исследованы особенности развития наукоемкой промышленности России и специфические особенности в организации, управлении и условиях хозяйствования наукоемких производств.

Представлена взаимосвязь информационных систем поддержки ЖЦ на различных этапах и выявлено, что информационные системы управления применяются для повышения эффективности конкретной области деятельности.

Системы управления ресурсами предприятия, взаимоотношений с клиентами или управления цепочками поставок повышают эффективность в определенных областях своей целевой направленности и при этом не оказывают прямого влияния на разрабатываемую и выпускаемую продукцию. Целевой направленностью же систем управления ЖЦ являются непосредственно выпускаемые изделия на всех этапах ЖЦ продукции. Также проведен анализ развития существующих систем PLM (Product Life Management). В результате выявлено, что на данный момент системы управления всем ЖЦ находятся на стадии разработки и законченных решений в этой области нет.

На основе проведенного анализа определены цель и задачи исследования.

Во второй главе – «Разработка динамической модели системы интегрированной логистической поддержки наукоемкой продукции на стадии эксплуатации» – предложены организационно-экономические методы и модели обеспечения эксплуатационной надежности наукоемкой продукции на основе создания системы её ИЛП.

Рассмотрен ЖЦ продукции в соответствии со стандартом ИСО 9004 и обоснован выбор для дальнейшего рассмотрения этапа эксплуатации.

Схема взаимодействия участников ЖЦ представлена на рис. 1. Процессы ЖЦ продукции, можно представить как совокупность процессов разработчиков, производителей, поставщиков, эксплуатантов, ремонтных организаций, объединенных посредством системы ИЛП.



Рис. 1. Схема взаимодействия участников ЖЦ наукоемкой продукции

Создание системы ИЛП, как правило, состоит в реализации четырех основных процессов: анализа логистической поддержки продукции; планирования и управления процессами технического обслуживания и ремонта (ТОиР); интегрированных процедур планирования и управления материально-технического обеспечения (МТО); обеспечения персонала электронной эксплуатационной и ремонтной документацией.

Для рассмотрения типового процесса эксплуатации продукции, в работе выделены процедуры планирования и управления процессами ТОиР и комплексная система планирования и управления МТО, направленные на поддержание эксплуатационной надежности продукции.

Под ИЛП в работе понимается методология обеспечения конкурентных преимуществ наукоемкой продукции, важнейшим из которых является эксплуатационная надежность, обеспечение которой позволяет сокращать простой техники, ведущие к недополучению прибыли и штрафным санкциям.

Эксплуатационная надежность продукции описывается системой показателей представленной на рис. 2, и обеспечивается с помощью построения системы ИЛП.

Для оценки системы ИЛП в работе вводится коэффициент логистической поддержки эксплуатационной надежности, характеризующий долю времени нахождения объекта в работоспособном состоянии относительно рассматриваемой продолжительности эксплуатации и основанный на коэффициенте технической готовности.

Коэффициент отражает уровень поддержки для агрегата, входящего в состав единицы продукции. При расчете коэффициента учитывается составляющая, связанная с дефицитом. В работе в качестве такой величины вводится время задержки ремонта из-за отсутствия агрегата на складе:

$$l_{\text{ЭН}_{kh}} = \frac{t_{0kh}}{t_{0kh} + t_{rk_h} + t_{zk_h}}, \quad (1)$$

где t_{0k} – средняя длительность безотказной работы h -го агрегата, входящего в состав k -го вида продукции; t_{rk_h} – длительность ремонта h -го агрегата, входящего в состав k -го вида продукции; t_{zk_h} – запаздывание ремонта k -го вида продукции из-за отсутствия h -го агрегата.

Для оценки уровня логистической поддержки для всего объекта введен комплексный показатель логистической поддержки эксплуатационной надежности, рассчитываемый как произведение коэффициентов логистической поддержки эксплуатационной надежности агрегатов, входящих в состав сложной продукции:

$$L_{\text{ЭН}_k} = \prod_{h=1}^H l_{\text{ЭН}_{kh}} \quad (2)$$

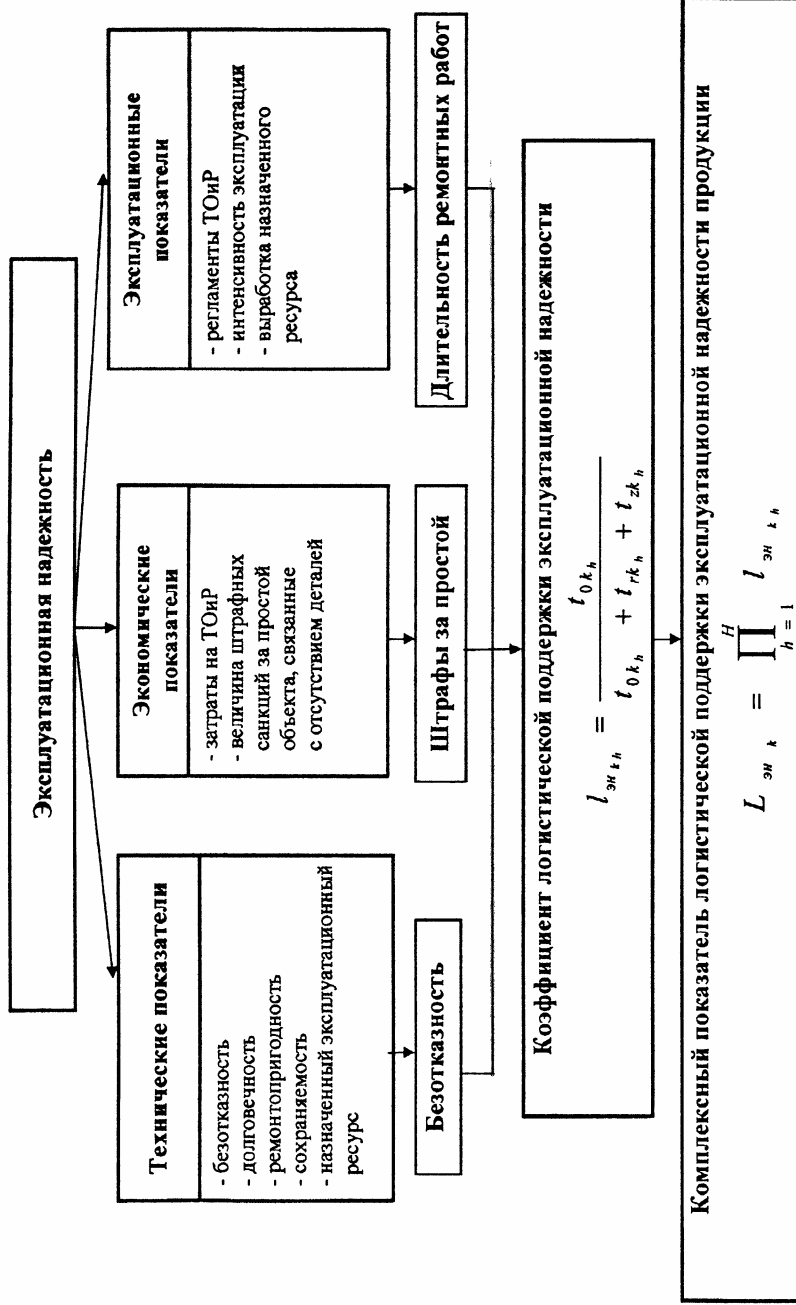


Рис. 2. Структура показателей, характеризующих уровень поддержки эксплуатационной надежности НП

Система ИЛП эксплуатации продукции представляет собой динамическую модель, допускающую декомпозицию системы до необходимой степени детализации. На первом уровне декомпозиции система ИЛП может быть представлена в виде подсистем производства (ПП) запасных частей и подсистемы эксплуатации (ПЭ), связанных между собой информационными и материальными потоками. Схема базовой потоковой модели системы ИЛП наукоемкой продукции представлена на рис. 3.

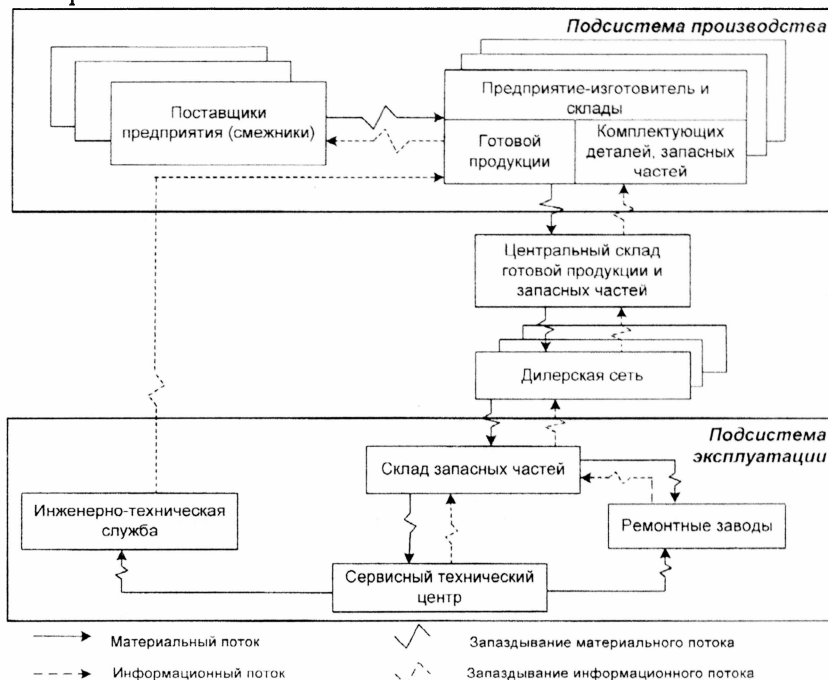


Рис. 3. Схема базовой потоковой модели системы ИЛП наукоемкой продукции

Важнейшим фактором обеспечения эксплуатационной надежности сложной техники является возможность своевременной замены агрегата (детали) в связи с плановым ремонтом или внезапным отказом объекта. Быстрое приспособление производителя к меняющемуся спросу обеспечивает точное удовлетворение потребностей в кратчайшие сроки при минимальных запасах и соотнобразует с логистической концепцией «точно в срок».

В наукоемких отраслях промышленности разработка и внедрение логистических автоматизированных систем управления поставками запчастей позволяет

позволяет сократить разрыв между реальным спросом на запчасти и их фактическим запасом. В основе таких систем должны лежать методы управления производством запчастей, позволяющие планировать и корректировать производственную программу в режиме реального времени. Для этого в работе был разработан метод определения потребности Q_i в запасных частях для послепродажного периода ЖЦ продукции, учитывающий выработку эксплуатационного ресурса и интенсивности эксплуатации наукоемкой продукции.

Для определения Q_i введены следующие обозначения: k – номер вида продукта эксплуатации; j – номер работы ремонтного цикла; i – номер вида запчастей, необходимых для проведения j -ой работы ремонтного цикла (индекс j нумерует именно работы-элементы ремонтного цикла, а не формы ТОиР, т.к. для проведения разных по сложности работ могут понадобиться одинаковые детали); l_k – интенсивность эксплуатации k -го вида продукта; s – номер склада, входящего в подсистему эксплуатации; P_k – назначенный эксплуатационный ресурс k -го вида продукта; p_k^* – наработанный эксплуатационный ресурс k -го вида продукта; b_{ij} – расход запчастей i -го вида для проведения ремонтных работ j -го вида по нормативу (регламентируемый структурой ТОиР); $a_{kl_k p_k^*}$ – количество продуктов k -го вида с наработанным эксплуатационным ресурсом p_k^* и интенсивностью эксплуатации l_k .

Величина Q_i – общая потребность в запчастях, зависящая от наработки и интенсивности эксплуатации, – рассчитывается следующим образом:

$$Q_i = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n b_{ikj} \cdot \sum_{k=1}^K \sum_{l_k=1}^{L_k} \sum_{p_k^*=1}^{P_k} a_{kl_k p_k^*} + \delta_i. \quad (3)$$

Левая часть произведения $\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n b_{ikj}$ определяет потребность в запчастях, порождаемую регламентом, т.е. общий нормативный расход запчастей всех i видов, $i = \overline{1, m}$, для проведения ремонтных работ всех n видов, $j = \overline{1, n}$. В правой части

произведения выражения (3) введен множитель $\sum_{k=1}^K \sum_{l_k=1}^{L_k} \sum_{p_k^*=1}^{P_k} a_{kl_k p_k^*}$, представляющий

общий парк изделий всех K видов, $k = \overline{1, K}$, эксплуатируемых с наработкой p_k^* и интенсивностью использования продукта l_k в данный момент времени. Слагаемое δ_i описывает потребность в запчастях, вызванную отказами, случайными или аварийными поломками (т.е. непредвиденное кратковременное изменение спроса). Формула (3) может использоваться и для планирования производственной программы выпуска запчастей. В таком случае будущая наработка изделия p_k^* рассчитывается на основе прогноза интенсивности эксплуатации объекта на

последующие моменты времени. Тогда величина δ_i может использоваться и для определения ошибки прогноза наработки. Таким образом, приведенный выше расчет является основой для планирования и корректировки производственной программы в режиме реального времени.

Следующая задача производителя изделия состоит в снабжении подсистемы эксплуатации, включающей r складов, $s = \overline{1, r}$, требуемыми запчастями i -го вида в момент времени t . Спрос на запчасти генерирует случайные возмущения на входе в систему ИЛП и является источником рассогласования темпов производства и потребления запчастей. Для приведения в соответствие динамики эксплуатации динамике производства продукта необходимо разработать модели и алгоритмы управления, обеспечивающие своевременное поступление запасных частей эксплуатанту.

Для этого в работе была разработана экономико-математическая модель, представляющая собой систему конечно-разностных уравнений темпов и уровней, решаемых периодически в моменты времени t .

Структура динамической модели системы ИЛП представляет собой накопители-уровни, связанные между собой потоками. Уровни характеризуют возникающие накопления внутри системы и представляют собой переменные, которые можно было бы определить в том случае, когда система приведена в состояние покоя. Понятию «уровень системы» соответствует экономическая категория запасов.

Запаздывание характеризует процесс преобразования, в результате которого на основе заданного темпа входящего потока устанавливается темп потока на выходе и представляет собой время, необходимое для достижения определенного качественного и количественного показателя потока на выходе. Запаздывания изображаются в модели набором разностных уравнений темпов и уровней, характеризующих рассматриваемый поток.

Уровень x_{i+1} , находящийся в запаздывании, накапливается благодаря различию в темпах входящего P_{in_i} и исходящего P_{out_i} потоков:

$$x_{i+1} = x_i + T(P_{in_i} - P_{out_i}),$$

где T – интервал дискретизации.

Темп исходящего потока определяется следующим уравнением:

$$P_{out_i} = x_i / \tau,$$

где τ – среднее время, необходимое для преодоления запаздывания (среднее время запаздывания).

Блок-схема алгоритма управления системой ИЛП представлена на рис. 4. Взаимодействие подсистем производства (ПП) и эксплуатации (ПЭ) носит циклический характер. Разработанная модель описывает замкнутый контур обратной связи между ПП и ПЭ продукции, включающий три главных потока:

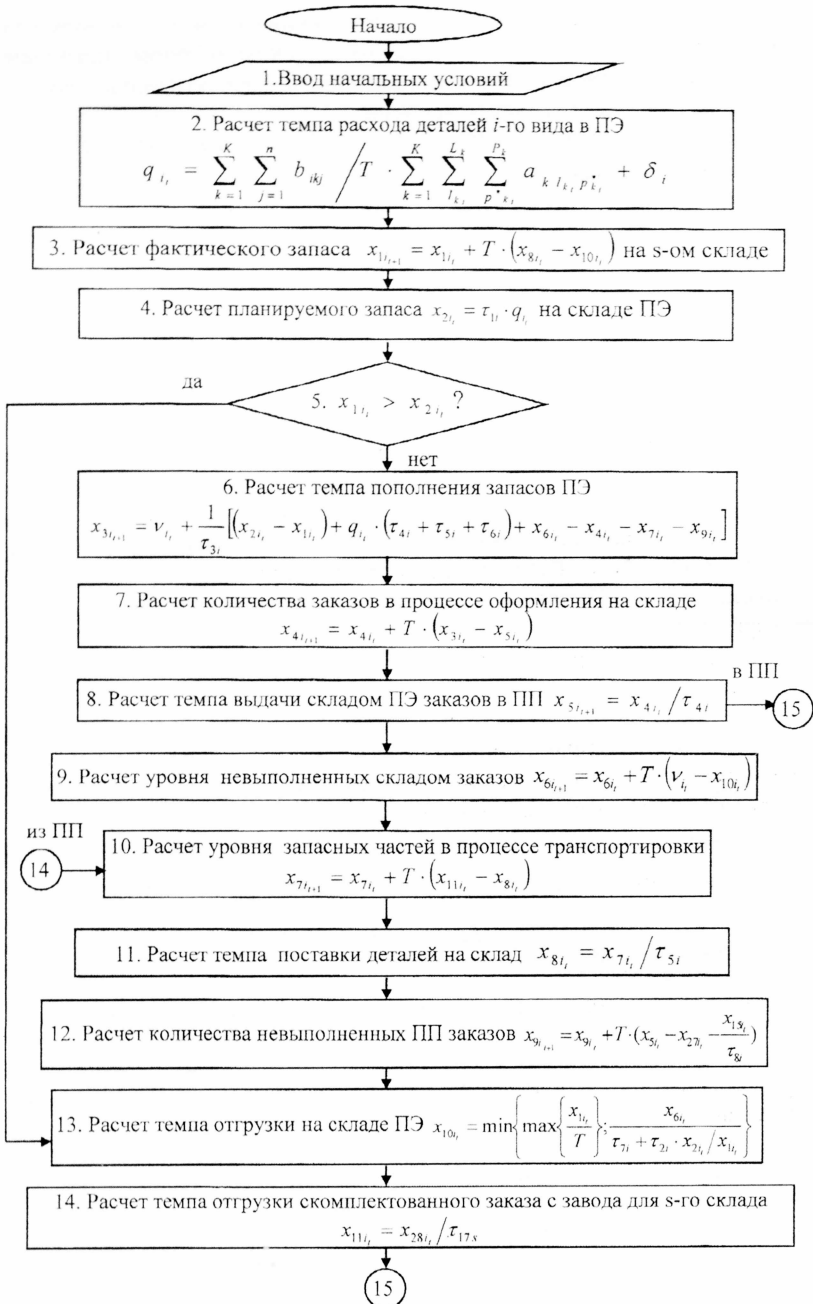


Рис.4. Блок-схема алгоритма управления системой ИЛП

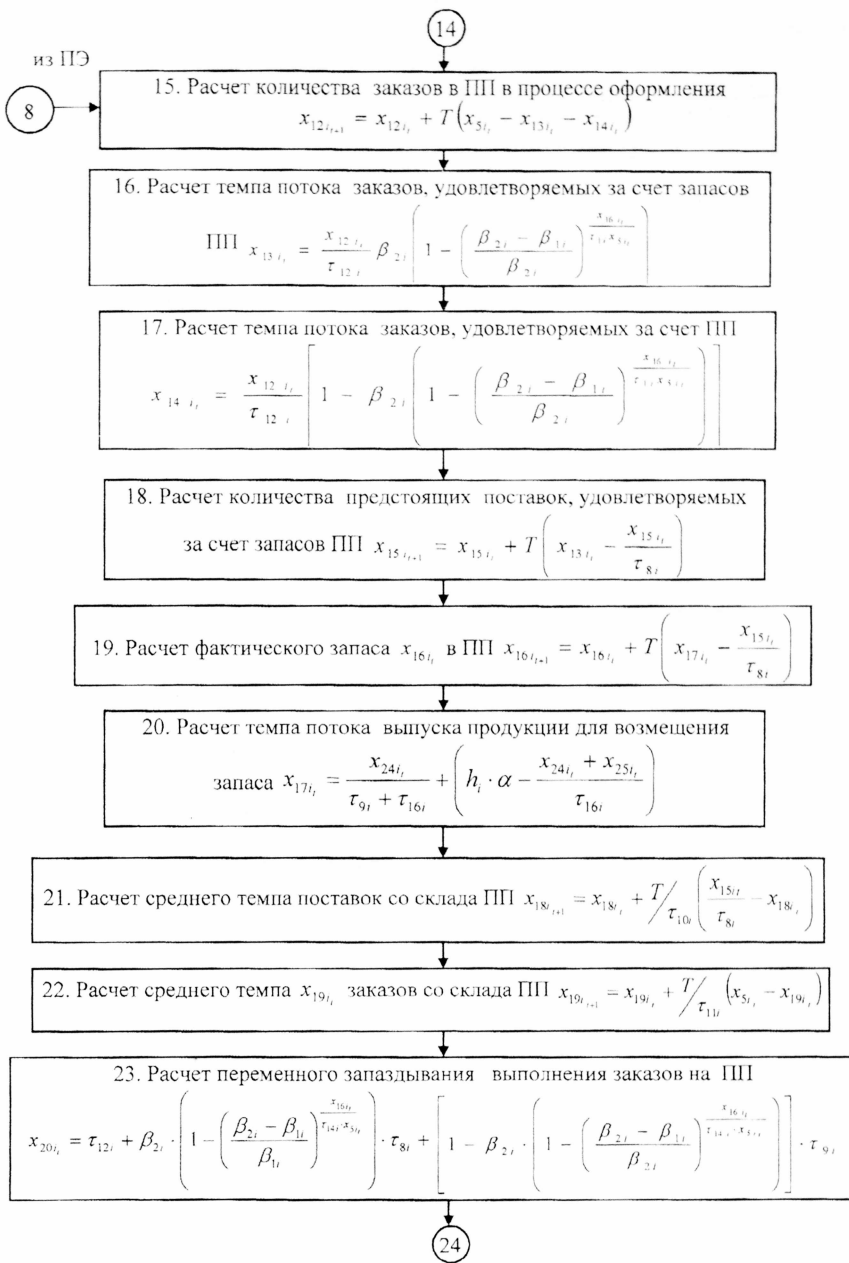


Рис.4. Продолжение

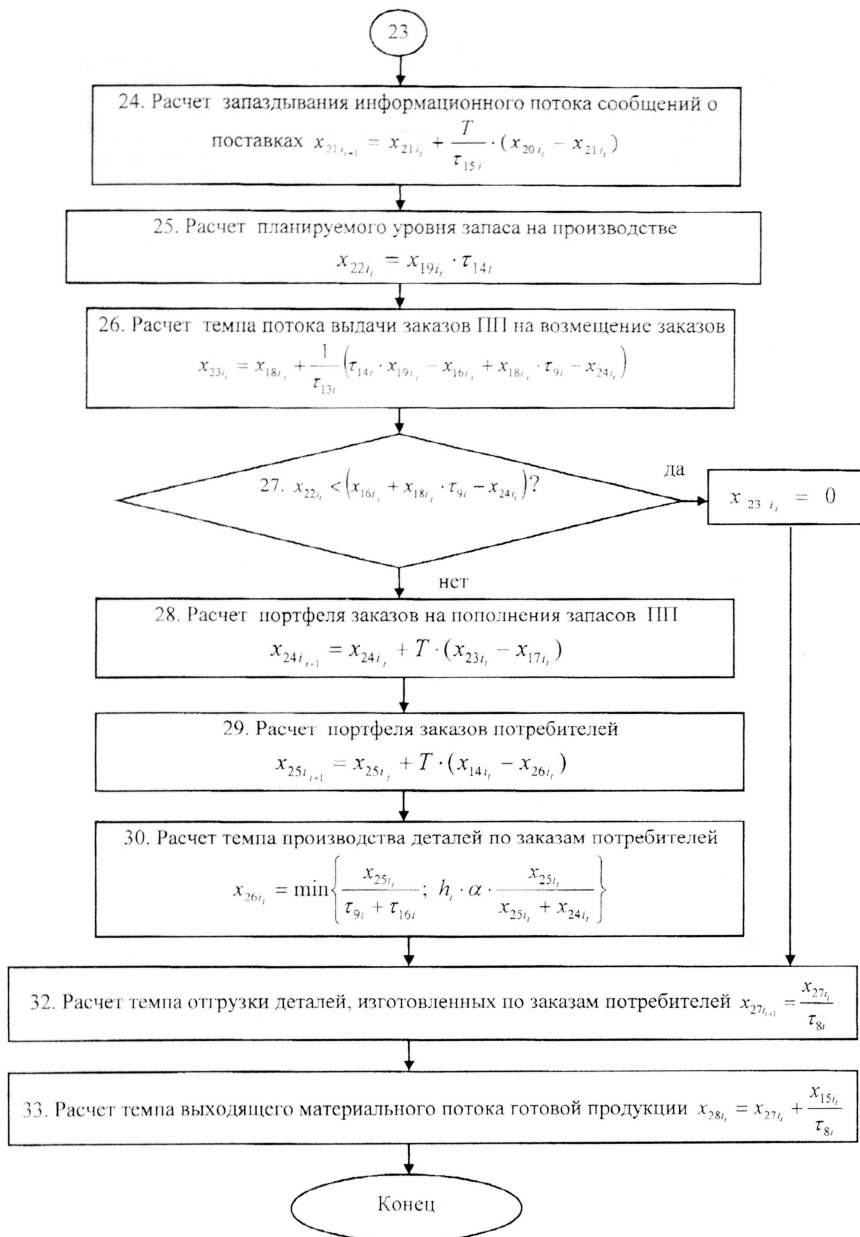


Рис.4. Окончание

1. Поток заказов на запчасти из ПЭ в ПП (блок 8).

2. Запоздывание сообщений о предстоящих поставках из ПП в ПЭ по каналам информационной связи (блоки 23 и 24).

3. Готовая продукция по каналам материального потока из ПП в ПЭ (блок 33) и из ПЭ непосредственно потребителю (блок 13).

В потоке заказов, поступающем в ПП из ПЭ выделяются два потока – заказы на запчасти, удовлетворяемые за счет складских запасов готовой продукции на производстве, и заказы, удовлетворяемые за счет непосредственно производства продукции (блоки 16 и 17).

Регулирование складских запасов на производстве предусматривает предотвращение появления производственных заказов, ведущих к производству избыточной продукции и затовариванию складов (блок 27).

Разработанная модель позволяет регулировать и управлять временными параметрами τ_i , которые в свою очередь влияют на величину $t_{эк}$ – задержку ремонта из-за дефицита (нехватки) деталей, входящую в формулу расчета коэффициента логистической поддержки эксплуатационной надежности, рассчитываемой по формуле (2). При $t_{эк} \rightarrow 0$ длительность безотказной работы агрегата зависит только от длительности ремонта, прописанной в регламенте ТОиР, которая также должна быть минимизирована. Таким образом, обеспечивается значение коэффициента логистической поддержки эксплуатационной надежности: $l_{эк} \rightarrow 1$.

Разработанная модель системы ИЛП повышает эксплуатационную надежность наукоемкой продукции и может быть реализована в качестве программного модуля информационной системы ИЛП эксплуатации продукта.

В третьей главе – «Разработка функциональной модели и организационной структуры системы интегрированной логистической поддержки наукоемкой продукции» – разработаны модели потокового взаимодействия в системе ИЛП на этапе эксплуатации, а также функциональная модель системы ИЛП и организационная структура Центра ИЛП наукоемкой продукции.

Для реализации предложенного алгоритма были разработаны функциональные модели и организационная структура. Они были разработаны на основании модели потокового взаимодействия, представленной на рисунке 5. Функциональные модели системы ИЛП разработаны в стандарте IDEF0. Контекстной является диаграмма «Управление ИЛП наукоемкой продукции». Декомпозиция контекстной диаграммы представлена на рисунке 6.

Для реализации такого нового структурно-организационного образования, как система ИЛП продукции, была разработана его организационная структура.

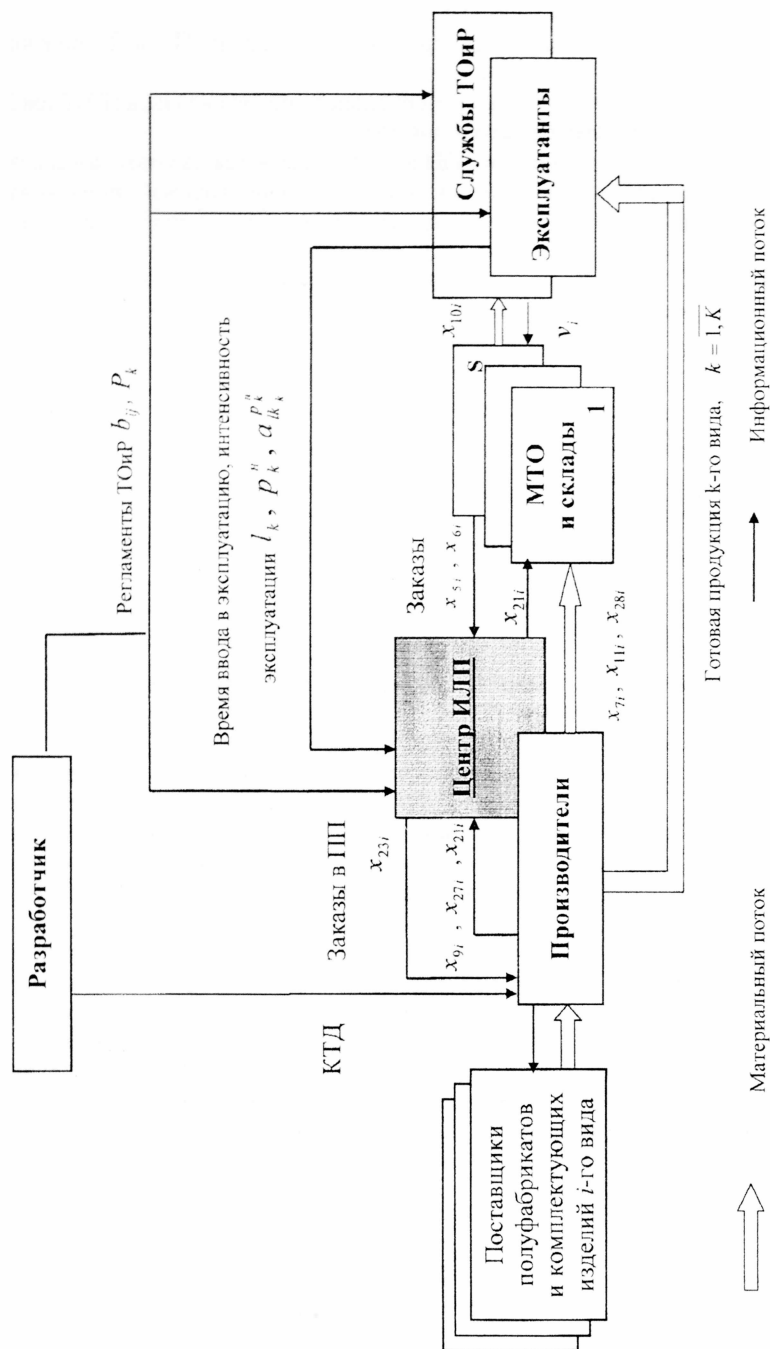


Рис. 5. Схема потокового взаимодействия в системе ИЛП наукоемкой продукции на этапе эксплуатации

Центр ИЛП является структурой, создаваемой производителем наукоемкой продукцией и осуществляющей управление системой ИЛП, включая взаимодействие с участниками ЖЦ.

Управление реализуется Центром ИЛП через функциональные подсистемы, объединенные в Дирекцию логистической поддержки. Организационная структура системы ИЛП подразумевает под собой взаимодействие подразделения Центра ИЛП, выполняющих определенные функции, подробно представленные с помощью функциональных моделей.

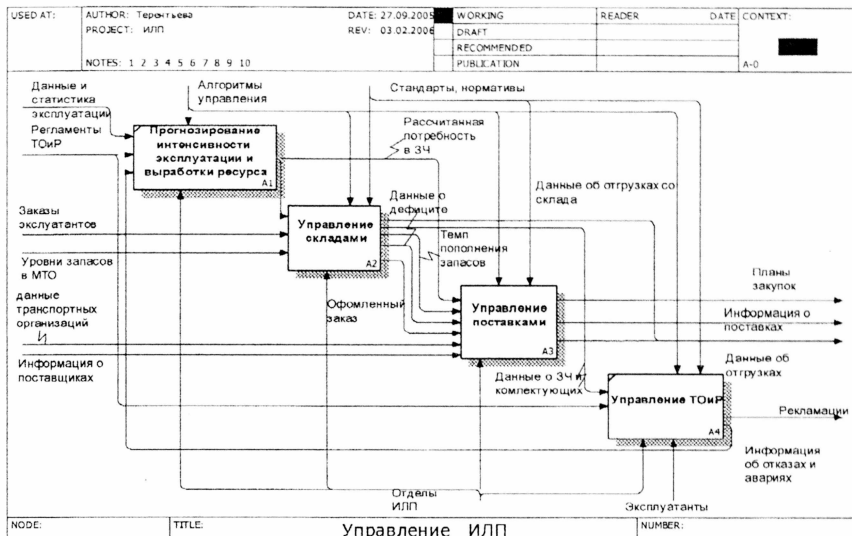


Рис. 6. Схема функциональной модели системы управления ИЛП

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. На основе проведенного анализ современных тенденций, существующих методов и подходов к созданию систем управления ЖЦ наукоемкой продукцией был предложен и обоснован логистический подход к поддержке ее эксплуатационной надежности.

2. На основе проведенного исследования были выявлены факторы, влияющие на эксплуатационную надежность наукоемкой продукции на этапе эксплуатации.

3. На основании выявленных факторов были разработаны коэффициент логистической поддержки эксплуатационной надежности агрегата, входящего в

состав сложной техники и комплексный показатель логистической поддержки эксплуатационной надежности наукоемкой продукции.

4. Обоснованы и предложены показатели и базовая схема потоковой модели системы ИЛП как динамического объекта.

5. Разработан метод планирования потребности в запасных частях, учитывающий интенсивность эксплуатации и выработку назначенного ресурса наукоемким продуктом, позволяющий корректировать программу выпуска запасных частей в режиме реального времени.

6. Разработана экономико-математическая модель управления системой ИЛП на этапах производства запасных частей и эксплуатации наукоемкой продукции, отражающая инерционность потоковых процессов и позволяющая избежать как перепроизводства деталей, ведущего к затовариванию складов, так и их дефицита.

7. Разработан алгоритм управления системой ИЛП наукоемкой продукции, позволяющий приводить в соответствие динамику производства динамике эксплуатации продукта с учетом своевременного поступления запасных частей в сервисные службы.

8. На основании предложенной динамической модели разработана схема потокового взаимодействия, функциональные модели и организационная структура системы ИЛП наукоемкой продукции на этапе эксплуатации.

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

1. Бром А.Е., Терентьева З.С. Разработка динамической модели системы интегрированной логистической поддержки наукоемкой продукции на стадии эксплуатации // Вестник машиностроения. – 2005. – № 12. – С. 51-60.

2. Омельченко И.Н., Терентьева З.С. Информационно-логистические системы как основа управления процессом создания промышленной продукции // Машиностроитель. – 2004. – № 1. – С. 38-42.

3. Омельченко И.Н., Терентьева З.С. Классификация информационных потоков на стадиях жизненного цикла наукоемкой продукции // Машиностроитель. – 2005. – № 4. – С. 2-6.

4. Терентьева З.С. Интегрированная логистическая поддержка // Актуальные проблемы управления: Материалы международной научно-практической конференции. – М.: ГУУ, 2002. – С. 150-152.