

Мкртычев Сергей Вазгенович

**РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ ПОТОКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТИПА**

Специальность 05.13.18 – математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Ульяновск – 2006

Работа выполнена на кафедре телекоммуникационных технологий и сетей государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ульяновский государственный университет»

Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Смагин Алексей Аркадьевич
Официальные оппоненты:	доктор физико-математических наук, профессор Мельников Борис Феликсович кандидат технических наук, доцент Афанасьев Александр Николаевич
Ведущая организация	ОАНО «Волжский университет имени В.Н. Татищева» (институт)

Защита состоится 13 декабря 2006 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.278.02 при ГОУ ВПО Ульяновский государственный университет по адресу: Университетская набережная, 1, ауд. 703.

Отзывы по данной работе просим направлять по адресу: 432000, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42, УлГУ, УНИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ульяновского государственного университета.

Автореферат разослан 10 ноября 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



А. Б. Веревкин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В сфере малого и среднего бизнеса России широко распространены предприятия с многопередельным типом производства (ПМТП). К ним относятся предприятия текстильной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, пищевой и др. отраслей промышленности.

Среди главных особенностей многопередельного производства следует выделить большую материалоемкость и высокий уровень производственных потерь, решающее значение в структуре которых имеют сверхнормативные технологические потери, возникающие ввиду нарушения технологии, использования некачественного сырья или неправильных расчетов. Отсутствие контроля сверхнормативных потерь приводит к существенному росту себестоимости готовой продукции и снижению конкурентоспособности предприятия.

Технологические потери возникают в процессе обработки материальных потоков, которые совместно с генерируемыми ими информационными потоками являются объектами исследования логистики. Для того, чтобы реально оценивать себестоимость переработки сырья в продукцию на каком-либо участке технологической цепочки, целенаправленно снижать нормы расходов на выпуск продукции, нужно обладать объективной информацией обо всех компонентах, составляющих баланс материального потока, включая сверхнормативные потери. Решение этой задачи требует внедрения на ПМТП автоматизированной системы обработки учетно-аналитических информационных потоков. Характерной чертой систем обработки потоковой информации в многопередельном производстве (СОПИМП) является жесткая привязанность их базовых моделей (в том числе, учетных) к особенностям технологического процесса. Это позволяет отнести СОПИМП к классу сложных систем, при проектировании и исследовании которых широко применяется метод имитационного моделирования^{1,2}.

Имитационная модель, адекватно описывающая поведение СОПИМП в динамике, может стать основой для разработки программного комплекса сбора и обработки учетно-аналитической информации, который обеспечит проведение вычислительного эксперимента с моделями учета материальных потоков, и в конечном итоге, - эффективный контроль сверхнормативных технологических потерь на ПМТП.

Объектом исследования в настоящей работе является многопередельное производство. Имитационная модель СОПИМП и разработанный на ее основе программный комплекс являются *предметом разработки и исследования*.

¹ Логистические цепи сложно-технологических производств: Учебное пособие. / Л.Б. Миротин; В.А. Корчагин, С.А. Латын, А.Г. Некрасов. – М.: «Экспресс», 2005. – 288 с.

² Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. – 847 с.

Цели и задачи исследования. Целью диссертационной работы является исследование и разработка имитационной модели системы обработки потоковой информации в многопередельном производстве и программного комплекса на ее основе, предназначенного для сбора и обработки учетно-аналитической информации и проведения вычислительного эксперимента с моделями учета материальных потоков, данные которого могут быть использованы в качестве базы для выявления сверхнормативных технологических потерь и выработки эффективных решений для их снижения. Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

1. Обзор и анализ существующих моделей и программных комплексов обработки потоковой информации в многопередельном производстве.
2. Выбор базовой методологии и средств моделирования СОПИМП.
3. Разработка имитационной модели СОПИМП.
4. Разработка программного комплекса обработки потоковой информации (ПКОПИ) в многопередельном производстве.

Методы исследования. Для решения поставленных в работе задач использовались методы моделирования логистических цепей, математического моделирования баланса материальных потоков в производственном процессе, структурного моделирования с использованием диаграмм потоков данных, дискретно-событийного имитационного моделирования с применением объектно-ориентированного подхода, аппарат дискретной математики. В качестве базовой методологии разработки имитационной модели и программного комплекса обработки потоковой информации производственного типа на ее основе выбрана методология моделирования и построения информационных систем (ИС) управления предприятием на базе стандартов MRP/ERP.

При выборе методов и средств реализации программного комплекса приняты во внимание современные тенденции построения и развития корпоративных информационных систем (КИС).

Научная новизна исследования:

1. Предложен и обоснован новый концептуально-логистический подход, с помощью которого построена объектно-структурная модель СОПИМП, являющаяся основой для концептуального моделирования системы и представляющая собой ориентированное по материальному потоку дерево, узлы которого обозначают реальные и виртуальные склады, размещенные в соответствии со схемой технологического процесса.
2. Разработана математическая модель элементарного звена СОПИМП – склада-модуля, представляющая собой модель расчета остатков хранящихся в нем товарно-материальных ценностей.
3. Разработана методика построения эталонной модели СОПИМП, упрощающая процесс создания концептуальной модели системы и повышающая эффективность ее использования на уровнях логического и физического моделирования.
4. Разработана имитационная модель СОПИМП, являющаяся основой для построения программного комплекса обработки потоковой информации в многопередельном производстве.

Практическая значимость исследования. Разработан ПКОПИ в многопередельном производстве, реализующий функции сбора и обработки учетно-аналитической информации и содержащий гибкие средства построения и модифицирования моделей учета материальных потоков. С помощью данных, полученных в результате вычислительного эксперимента, проведенного на программном комплексе, могут быть своевременно выявлены сверхнормативные технологические потери на ПМТП и выработаны меры по их снижению.

Результаты работы могут найти практическое применение при проектировании автоматизированных систем обработки учетно-аналитической информации для различных ПМТП.

Внедрение результатов работы. Разработанные в диссертационной работе имитационная модель и программный комплекс внедрены в автоматизированную систему производственного учета ООО «Декор-Авто» г. Тольятти, в проект автоматизации и планирования на предприятии ООО «Профтраст» г. Тольятти и в систему автоматизации страховой деятельности ОАСО «АстрО - Волга» г. Тольятти.

Теоретические и практические результаты работы используются в учебном процессе на кафедре информатики и вычислительной техники Тольяттинского государственного университета.

Внедрение результатов работы подтверждается актами внедрения.

Личный вклад автора. Решение поставленных задач в диссертационной работе, анализ результатов и выводы из них получены автором самостоятельно.

Достоверность результатов, представленных в диссертации, подтверждается корректностью применения математического аппарата и результатами компьютерного моделирования.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы обсуждались на 2-й Международной научно – технической конференции «Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АС-НИ и систем искусственного интеллекта» г. Вологда, 2003 г. и на Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в науке, образовании и экономике» г. Якутск, 2005 г.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 7 работ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Имитационная модель СОПИМП, имеющая трехуровневое представление в виде: эталонной модели на концептуальном уровне представления, визуальной объектной модели на логическом уровне представления и реляционной модели данных и программного комплекса – на физическом уровне представления.

2. Математическая модель элементарного звена СОПИМП складомодуля, представляющая собой модель расчета остатков хранящихся в нем товарно-материальных ценностей (ТМЦ).

3. Методика построения эталонной модели СОПИМП, упрощающая процесс создания концептуальной модели системы и повышающая эффек-

тивность ее использования на уровнях логического и физического моделирования.

4. Программный комплекс обработки потоковой информации в многопередельном производстве, разработанный на основе имитационной модели СОПИМП и предназначенный для проведения вычислительного эксперимента, с помощью данных которого могут быть своевременно выявлены сверхнормативные технологические потери на ПМТП и выработаны меры по их снижению.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и 4 приложений. Общий объем диссертации составляет 131 страницу, основной текст изложен на 120 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводится обоснование актуальности темы, формулируется цель работы, указывается научная новизна и практическая ценность полученных результатов, описывается содержание работы.

Первая глава диссертации посвящена обзору и анализу существующих моделей и программных комплексов обработки потоковой информации в многопередельном производстве.

С позиции логистического подхода СОПИМП может рассматриваться как информационно-логистическая система (ИЛС), управляющая материальным потоком, действующим в логистической цепи «склад сырья – технологический процесс – склад готовой продукции» и генерирующим соответствующий учетно-аналитический информационный поток.

Для отображения сложных структур потоков в логистических цепях используются специальные объектно-структурные модели, описываемые в виде ориентированных взвешенных графов.

Базовыми математическими моделями учета материальных потоков в технологическом процессе производства являются модели, основанные на законе сохранения массы материального потока³:

- модель баланса материального потока:

$$\sum_{i \in T} W_{c_i} = \sum_{i \in T} W_{гп_i} + \sum_{i \in T} W_{тп_i}, \quad (1)$$

где:

$\sum_{i \in T} W_{c_i}$ - расход сырья за отчетный период T ;

$\sum_{i \in T} W_{гп_i}$ - объем выпуска готовой продукции за отчетный период T ;

$\sum_{i \in T} W_{тп_i}$ - технологические потери за отчетный период T .

³ Лубченко Ю.А., Благий С.В. Методы построения систем учета и управления материально-энергетическими потоками на примере металлургического предприятия // Автоматизация в промышленности. – 2003, № 3, с. 36-39.

- модель оперативного баланса, частным случаем которой является уравнение материального баланса на складе:

$$C_{O_k} + \sum_{i \in T} C_{\Pi_i} = C_{O_k} + \sum_{i \in T} C_{P_i}, \quad (2)$$

где:

C_{O_k} - остаток ТМЦ на начало отчетного периода T ;

$\sum_{i \in T} C_{\Pi_i}$ - общее количество ТМЦ, принятых на склад за отчетный период T (приход);

$\sum_{i \in T} C_{P_i}$ - общее количество ТМЦ, отпущенных со склада за отчетный период T (расход);

C_{O_k} - остаток ТМЦ на конец отчетного периода T .

Важно отметить, что количественный учет ТМЦ всегда рассматривается в привязке к местам хранения, которыми являются, например, склады сырья и готовой продукции.

Наиболее проблематичным звеном СОПИМП является оперативный учет незавершенного производства (НЗП) на переделах технологического процесса, остатки которого в количественном измерении вычисляются методом нормативных расчетов. Для контроля данных учета периодически производится инвентаризация НЗП (фактический подсчет, взвешивание, измерение и регистрация).

Как показал анализ, в многопередельных производствах методика нормативного расчета НЗП строго индивидуальна и зависит от особенностей технологического процесса. Вместе с тем, для некоторых технологических процессов (производство трикотажного полотна, паркета и др.) наиболее предпочтительным считается подход, учитывающий технологические потери сырья и полуфабрикатов на каждом переделе с помощью соответствующих коэффициентов. В этом случае приход НЗП для любого момента времени t на i -ом переделе технологического процесса можно определить по формуле:

$$C_{\Pi_{НЗП_i}} = C_{P_{i-1}} * K_i, \quad (3)$$

где:

$C_{P_{i-1}}$ - расход НЗП на предыдущем переделе в момент времени t ;

K_i - коэффициент, зависящий от параметров технологического процесса, который назовем *передельным*.

Выражение (3) является математической моделью расчета НЗП в СОПИМП.

При разработке имитационной модели СОПИМП необходимо обеспечить:

- многовариантность расчетов НЗП в рамках фиксированной математической модели (3);

- соблюдение бизнес-логики учета движения НЗП и генерацию унифицированных электронных документов в соответствии с моделью информационного потока на ПМТП (рис. 1);
- интеграцию модели в существующую на предприятии систему управления производством, включающую системы управления производственно-хозяйственной деятельностью, менеджмента качества и т.д. Для этого необходимо, в частности, обеспечить структурный изоморфизм входного и выходного информационных потоков СОПИМП.

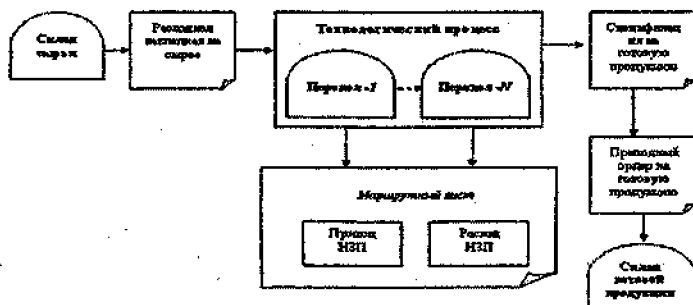


Рис. 1. Модель информационного потока типового ПМТП.

Вышеперечисленные факторы позволяют отнести СОПИМП к классу сложных ИЛС, для моделирования которых требуется новый концептуально-логистический подход.

Анализ современных тенденций в области разработки программных комплексов обработки производственной информации показал, что наибольшей популярностью пользуются технологии, базирующиеся на MRP/ERP- методологии проектирования учетно-транзакционных ИС управления предприятием⁴.

Главным преимуществом этой методологии является использование метода моделирования производственных процессов, который сводится к формализованному их описанию через материальные и информационные потоки. Кроме того, в рамках MRP/ERP – методологии действует собственная имитационная концепция, позволяющая строить адекватные имитационные модели и получать достоверные результаты.

С позиций MRP/ERP-методологии модель системы имеет три уровня представления:

- *концептуальный* (основан на структурном подходе);
- *логический* (основан на объектно-ориентированном подходе);
- *физический* (ИС, реляционная база данных).

⁴ Волчков С.А., Балахонова И.В. Бизнес-моделирование для совершенствования деятельности промышленного предприятия // КомпьютерПресс- 2001. - № 11/СД.

На базе описанной модели разрабатываются КИС для сбора, хранения и обработки информации производственного типа.

На рынке программных продуктов, ориентированных на задачи отечественных производителей, особенно популярны КИС среднего класса, к которым относятся программные комплексы производственного учета фирм-разработчиков «1С», «Парус», «БЭСТ» и др.

При детальном рассмотрении известных КИС, можно увидеть общие особенности их построения, среди которых выделяются следующие:

- архитектура «клиент/сервер»;
- реляционная база данных;
- автоматизированный электронный обмен документов;
- возможность информационного обмена с другими системами;
- возможность создания новых моделирующих конструкций и изменения существующих с помощью встроенных гибких механизмов (объектно-ориентированного языка программирования, содержащего конструкции из исследуемой предметной области);
- наличие развитых средств визуализации и формирования отчетности оценок показателей работы системы, определяемых пользователем.

Недостатками известных КИС применительно к задачам, решаемым в диссертационной работе, являются их функциональная избыточность и ограниченность выбора готовых решений для различных ПМТП.

В этой связи представляется целесообразной разработка программного комплекса обработки потоковой информации в многопередельном производстве, основанная на комплексном подходе, учитывающем функциональные особенности СОПИМП и преимущества MRP/ERP-методологии построения ИС.

Вторая глава диссертационной работы посвящена разработке имитационной модели СОПИМП, имеющей трехуровневое представление (рис. 2).

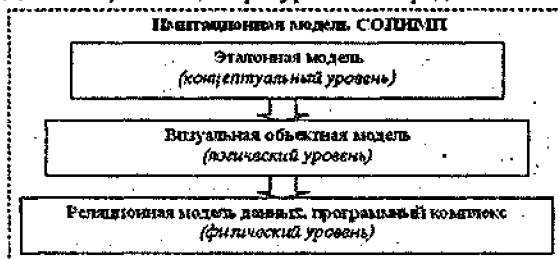


Рис. 2. Уровни представления имитационной модели СОПИМП.

Ключевая идея *концептуального моделирования* заключается в применении так называемой *эталонной модели*, которая представляет собой формализованное описание типовых особенностей, присущих исследуемому классу систем, что в конечном итоге обеспечивает ускорение процесса создания концептуальной модели и повышает эффективность ее использования на

уровнях логического и физического моделирования системы. В соответствии с существующим подходом к моделированию логистических систем процесс формирования концептуальной модели разбит на три этапа.

На *этапе анализа* СОПИМП построена контекстная диаграмма потоков данных (рис. 3), анализ которой показал, что достижение поставленной в диссертационной работе цели возможно только при качественно новой модели подсистемы учета незавершенного производства (ПУНП), ориентированной на особенности технологического процесса многопереходного производства.

На завершающей стадии анализа функционального аспекта системы строится объектно-структурная модель СОПИМП, в которой и производится декомпозиция ПУНП.

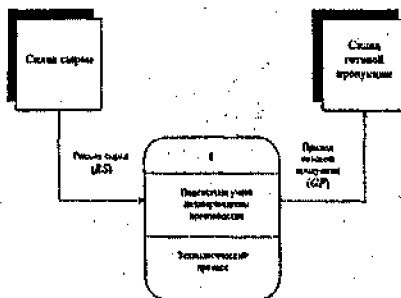


Рис. 3. Начальная контекстная диаграмма потоков данных СОПИМП

Склад сырья, Склад готовой продукции – внешние сущности;

I – ПУНП;

Расход сырья (RS), Приход готовой продукции (GP) – входной и выходной информационные потоки.

В диссертации предложен и обоснован новый концептуально-логистический подход к созданию объектно-структурной модели СОПИМП. Его суть заключается в том, что СОПИМП рассматривается на концептуальном уровне как последовательность объектов типа «склад». В таком подходе есть определенное преимущество. Оно заключается в следующих основных моментах:

1. Предлагаемая модель позволяет дифференцированно подойти к процедуре учета материального потока в технологическом процессе, ограничив набор возможных операций над потоком складскими операциями перемещения и хранения. Это не противоречит концепции стандартного количественного учета ТМЦ и позволяет существенно упростить процесс построения и исследования эталонной модели СОПИМП.

2. В предлагаемой модели СОПИМП отсутствуют циклические связи, что позволяет использовать для ее построения простейший класс графов – *ориентированные деревья*.

Объектно-структурная модель СОПИМП (рис. 4) представляет собой ориентированное по материалному потоку дерево, начальный и конечный узлы которого обозначают соответственно реальные склады сырья и готовой продукции, между которыми согласно технологическому маршруту процесса производства размещены узлы, обозначающие виртуальные склады на перделах технологического процесса, причем дуги дерева нагружены учетно-аналитическим информационным потоком.

Для описания модели используются следующие определения:

Реальный склад – размещенный на конкретном производстве физически существующий склад, выполняющий операции перемещения и хранения ТМЦ.

Виртуальный склад – фиктивный склад, имитирующий выполнение операций перемещения и хранения ТМЦ на перделе технологического процесса и существующий только в электронном виде.

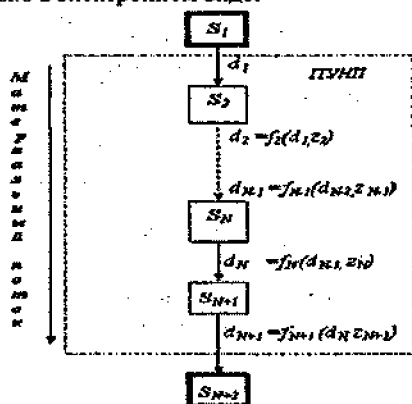


Рис. 4. Объектно-структурная модель системы обработки потоковой информации для N -пердельного производства.

Как следует из рис. 4, объектно-структурная модель СОПИМП формально может быть определена в виде конечного ордерова $G(S, D)$, для которого установлены следующие свойства и ограничения:

- 1) ордерове строго ориентировано по материалному потоку;
- 2) $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N, s_{N+1}, s_{N+2}\}$ – конечное непустое множество узлов, обозначающих реальные и виртуальные склады;
- 3) $D = \{d_1, d_2, \dots, d_{N+1}\}$ – конечное непустое множество дуг, нагруженных информационным потоком, причем $d_i = f_i(d_{i-1}, z_i)$ для $i=2, 3, \dots, N+1$, где $f_i \in F$ – конечное непустое множество весовых функций, а $z_i \in Z$ – конечное непустое множество параметров состояния узла;
- 4) корнем ордера является узел s_1 , соответствующий *реальному складу сырья*;

- 5) концевой вершиной ордерера является узел s_{N+2} соответствующий реальному складу готовой продукции;
- 6) узлы s_2, s_3, \dots, s_{N+1} соответствуют виртуальным складам на переделах технологического процесса;
- 7) для всех узлов, кроме s_{N+2} , полустепень исхода равна 1;
- 8) общее количество узлов в ордерере равно $N+2$.

На этапе синтеза концептуальной модели каждый узел рассматривается как элементарное звено логистической цепи (ЭЗЛЦ) СОПИМП, для описания которого используется метод агрегативного моделирования. С этой целью введен объект *склад-модуль*, выполняющий операции перемещения и хранения ТМЦ, что позволило свести задачу формализации ЭЗЛЦ к постановке и решению задачи расчета остатков ТМЦ, хранящихся в нем. Внешние события склада-модуля инициируются входным информационным потоком, внутренние – изменением технологической схемы.

Как следует из рис. 4, между входным и выходным информационными потоками для всех ЭЗЛЦ с номерами $i=2, 3, N+1$ существует зависимость:

$$D' = f(D, Z),$$

где $f(D, Z)$ – функция преобразования информационного потока, реализуемая складом-модулем СОПИМП, которую назовем *передельной*.

Если MA – множество номенклатурных номеров ТМЦ, производимых на ПМТП, то для любого $m \in MA$ структура входного потока данных формально может быть определена в виде кортежа:

$$D = \langle c, e_1, e_2, d, u \rangle, \text{ где}$$

- $c \in CD$, где CD – движения ТМЦ в натуральном выражении;
- e_1, e_2 – основная и альтернативная единицы измерения ТМЦ;
- d – дата/время проведения складской операции;
- $u \in UD$, где UD – множество прочих атрибутов оперативного учета.

Состояние склада-модуля также описывается в виде кортежа:

$$Z = \langle p, c_0, v, k \rangle, \text{ где}$$

$p \in PZ$, где PZ – множество уникальных номеров ЭЗЛЦ в маршруте ордерера СОПИМП;

$c_0 \in CO$, где CO – текущие остатки ТМЦ в натуральном выражении;

v – вид учета ТМЦ;

$k \in KT$, где KT – множество учетных технологических коэффициентов, среди которых при расчете НЗП в многопередельном производстве используются следующие:

k_1 – коэффициент учета технологических потерь ($0 < k_1 <= 1$);

k_2 – коэффициент пересчета из одной единицы измерения в другую.

Исходя из выражения (2), остаток ТМЦ (сырья, НЗП или готовой продукции) на любом p -м складе-модуле по m -й номенклатурной позиции ($m \in MA$) на конец отчетного периода T , задаваемого в виде интервала времени $[T_i, T_i]$, где $i=1, 2, \dots, I$, для многопередельного производства можно вычислить по формуле:

$$C_{OPT_i}^{(m)} = C_{OPT_{i-1}}^{(m)} - \sum_{i \in T} C_{P P_i}^{(m)} + \begin{cases} \sum_{i \in T} C_{P P_i}^{(m)}, \text{ если } p=1, N+2 \\ \sum_{i \in T} C_{Пизп P_i}^{(m)}, \text{ если } p=2, 3, \dots, N+1 \end{cases} \quad (4)$$

где

$C_{OPT_{i-1}}^{(m)}$ - остаток ТМЦ на p -м складе-модуле по m -й номенклатурной позиции на начало отчетного периода;

$\sum_{i \in T} C_{П P_i}^{(m)}$ - приход ТМЦ на p -й склад-модуль по m -й номенклатурной позиции в отчетном периоде;

$\sum_{i \in T} C_{P P_i}^{(m)}$ - расход ТМЦ с p -го склада-модуля по m -й номенклатурной позиции в отчетном периоде;

$\sum_{i \in T} C_{Пизп P_i}^{(m)} = V_p^{(m)} * \sum_{i \in T} f(C_{P P_{p-1}}, K_p^{(m)})_i + (1 - V_p^{(m)}) * \sum_{i \in T} C_{П P_i}^{(m)}$ -

- приход НЗП на p -й склад-модуль по m -й номенклатурной позиции в отчетном периоде, где:

$$V_p^{(m)} = \begin{cases} 1, \text{ если это расчет НЗП} \\ 0, \text{ если это инвентаризация} \end{cases}$$

- вид учета ТМЦ на p -м переделе по m -й номенклатурной позиции;

$f(C_{P P_{p-1}}, K_p^{(m)})_i$ - передельная функция.

Тогда, исходя из уравнения (3), получим следующую формулу:

$$\sum_{i \in T} f(C_{P P_{p-1}}, K_p^{(m)})_i = \sum_{i \in T} C_{P P_{p-1}}^{(m)} * K_p^{(m)}, \quad (5)$$

где:

$\sum_{i \in T} C_{P P_{p-1}}^{(m)}$ - расход ТМЦ (сырья или НЗП) с $(p-1)$ -го склада-модуля по m -й номенклатурной позиции в отчетном периоде;

$K_p^{(m)}$ - передельный коэффициент на p -м переделе по m -й номенклатурной позиции, определяемый как произведение всех задействованных учетных технологических коэффициентов:

$$K_p^{(m)} = \prod_{j=1}^J k_{P_j}^{(m)}, \text{ где } k_{P_j}^{(m)} \in KT \quad (J = 1, 2, \dots, J) \quad (6)$$

При вычислении передельного коэффициента следует учесть, что остатки и движения ТМЦ в формуле (4) должны быть приведены к одной единице измерения.

Формула (4) является математической моделью элементарного звена СОПИМП - склада-модуля.

Результатом концептуального моделирования является эталонная модель СОПИМП, при разработке методики построения которой были приняты во внимание следующие положения⁵:

- для каждой изготавливаемой номенклатурной позиции уполномоченными подразделениями ПМТП должна быть описана хотя бы одна технологическая схема (маршрут) ее производства;

- выработанное на данном переделе НЗП расходуется в полном объеме на следующем переделе, поэтому для формирования маршрутного листа движения НЗП достаточно рассчитать его приходы на заданную дату/время.

В соответствии с предлагаемой методикой построение эталонной модели СОПИМП осуществляется в следующей последовательности:

- 1) на основании принятой технологической схемы процесса строится ордеро-СОПИМП: первому узлу ордера ставится в соответствие реальный склад сырья, последнему узлу – реальный склад готовой продукции, а промежуточным узлам – виртуальные склады, размещенные в порядке следования переделов технологического процесса;

- 2) каждому узлу в порядке иерархии присваивается номер;

- 3) для одного и того же количества расхода сырья на заданную дату/время по формуле (3) рассчитывается приход НЗП на каждом переделе - CP_i ;

- 4) строится математическая модель в виде матрицы смежности, элементы которой определяются из выражения:

$$C_{i,j} = \begin{cases} CP_j, & \text{если } i\text{-й и } j\text{-й узлы смежны} \\ 0, & \text{если } i\text{-й и } j\text{-й узлы не смежны} \end{cases} \quad (7)$$

Если CP_i – расход сырья со склада S_i , то исходя из выражение (5), матрица смежности (7) в табличной форме будет иметь вид:

Таблица 1

Матрица смежности эталонной модели СОПИМП

	S_1	S_2	...	S_N	S_{N+1}	S_{N+2}
S_1	0	$CP_1 * K_1$		0	0	0
...						
S_N	0	0		0	$CP_1 * \prod_{j=2}^{N+1} K_j$	0
S_{N+1}	0	0		0	0	$CP_1 * \prod_{j=2}^{N+1} K_j$
S_{N+2}	0	0		0	0	0

Полученная с помощью предлагаемой методики математическая модель (7) является эталонной моделью СОПИМП.

⁵ Технологическая инструкция «Полотно трикотажное стабилизированное типа «Бархат». – Тольятти: ООО «Демор-Авто», 2001.

На этапе проверки адекватности концептуальной модели реальной системе оценивается ее качество с помощью методики, основанной на когнитивном подходе.

С целью описания условий проверки даны определения стандартной и нестандартной ситуаций СОПИМП, исследовано влияние технологических коэффициентов на ситуацию, выработаны сценарии перехода из одной стандартной ситуации в другую и приведения нестандартной ситуации к стандартной, подтверждена целесообразность применения механизма бизнестранзакций. Следует отметить, что адекватность модели проверяется на стадии реализации предлагаемых сценариев.

На логическом уровне имитационная модель СОПИМП представлена в виде визуальной объектной модели, разработанной с помощью метода дискретно-событийного моделирования с применением объектно-ориентированного подхода. Визуальная объектная модель СОПИМП состоит из следующих построенных и исследованных средствами языка моделирования UML диаграмм: диаграммы вариантов использования, диаграммы классов и диаграммы последовательности.

С помощью диаграммы вариантов использования, отражающей организационный аспект системы, выявлены две базовые подсистемы СОПИМП – *Кладовщик* и *Технолог*, выполняющие соответственно сценарии оперативного учета материального потока и моделирования расчета НЗП.

На этапе построения диаграммы классов (рис. 5), отражающей статический аспект системы, с помощью метода объектной декомпозиции разработан и описан базовый обобщающий объектно-ориентированный класс (супертип) «склад-модуль», формализующий ЭЗЛЦ СОПИМП.

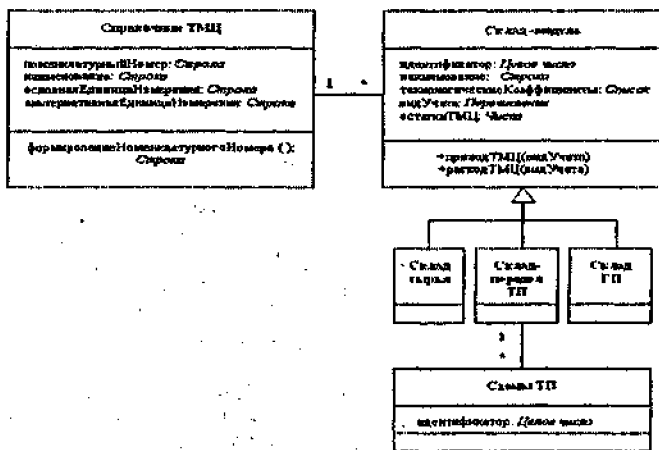


Рис. 5. Диаграмма классов СОПИМП.

С помощью *диаграммы последовательности* (рис. 6), отражающей динамический аспект системы, исследован сценарий движения информационного потока по ПУНП, инициируемый планируемым событием расхода сырья в производство.

Как следует из диаграммы, все задействованные в сценарии объекты являются экземплярами одного и того же класса «склад-модуль», что создает условия для обеспечения структурного изоморфизма входного и выходного информационных потоков СОПИМП.

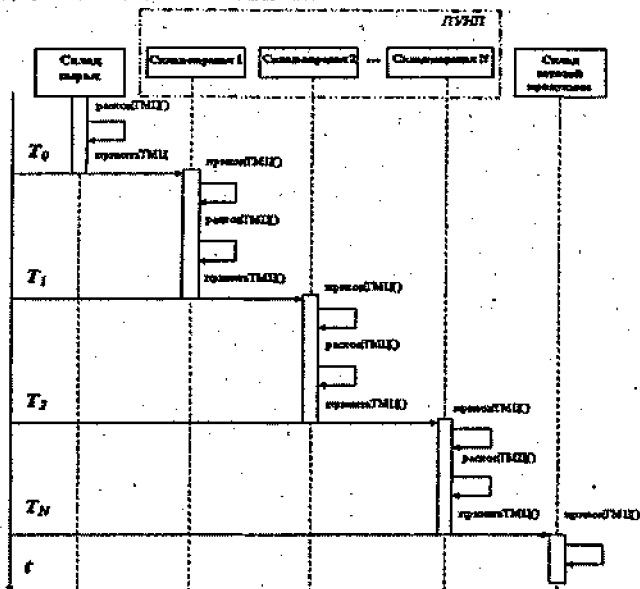


Рис. 6. Диаграмма последовательности СОПИМП.

T_0, T_1, \dots, T_N —метки времени бизнес-транзакции учета движения НЗП.

На *физическом уровне* имитационная модель СОПИМП представлена в виде реляционной модели данных и программного комплекса.

Главное преимущество реляционной модели данных, используемое в настоящей разработке - это практическая возможность объединения на логическом уровне проблемно-ориентированного программного кода и оперативных данных системы в рамках единой БД. Кроме того, СОПИМП можно отнести к OLTP-системам, опирающимся на свойственную реляционной модели сильную нормализацию данных.

Реляционная БД СОПИМП построена с помощью методологии IDEF1X на основе сущностей, выделенных из диаграммы классов системы (рис. 5).

Третья глава диссертационной работы посвящена разработке ПКОПИ в многопердельном производстве и описанию его функциональных возможностей.

Структура и набор функций ПКОПИ определяются особенностями имитационной модели СОПИМП, имитационной MRP/ERP - концепцией, а также современными тенденциями в области построения систем подобного уровня.

Структурная схема ПКОПИ предполагает наличие двух больших блоков модулей: неизменяемого по составу блока базовых компонентов и варьируемого в зависимости от применяемой конфигурации блока прикладных компонентов (рис. 7). Такая организация ПКОПИ упрощает процесс его разработки и тестирования, а также обеспечивает высокую эффективность реализации учетной политики конкретного ПМТП.

Источниками данных для реализации основных функций ПКОПИ являются:

- регистры оперативных данных производственного учета;
- классификаторы и справочники.

В предлагаемой схеме следует особо выделить модуль *Учета НЗП*, в состав функций которого входят: формирование справочника схем технологических процессов, моделирование принятой на предприятии методики оперативного учета НЗП с помощью событийной функции *auto_move* (рис. 8) и ведение соответствующих журналов операций и документооборота, что обеспечивает проведение вычислительного эксперимента для всего перечня производимой продукции. Модуль *Анализ* включается в комплекс по требованию заказчика и реализует согласованную с ним методику анализа данных.

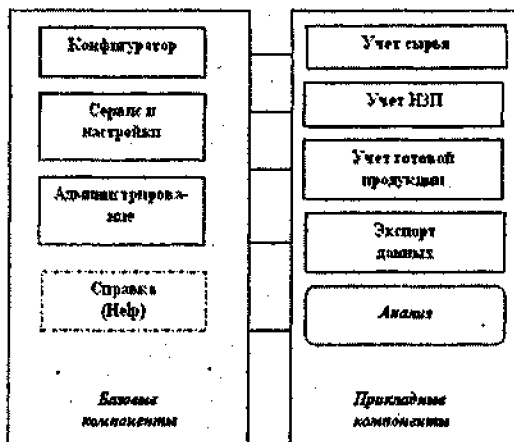


Рис. 7. Структурная схема ПКОПИ в многопредельном производстве.

Наиболее оптимальным решением является разработка в рамках одного проекта двух модификаций ПКОПИ, ориентированных соответственно на архитектуры «клиент-сервер» и «файл-сервер», что не только позволяет использовать преимущества распределенной обработки данных, но и обеспечивает

успешную интеграцию программного комплекса в существующую на предприятии автоматизированную систему обработки производственной информации.

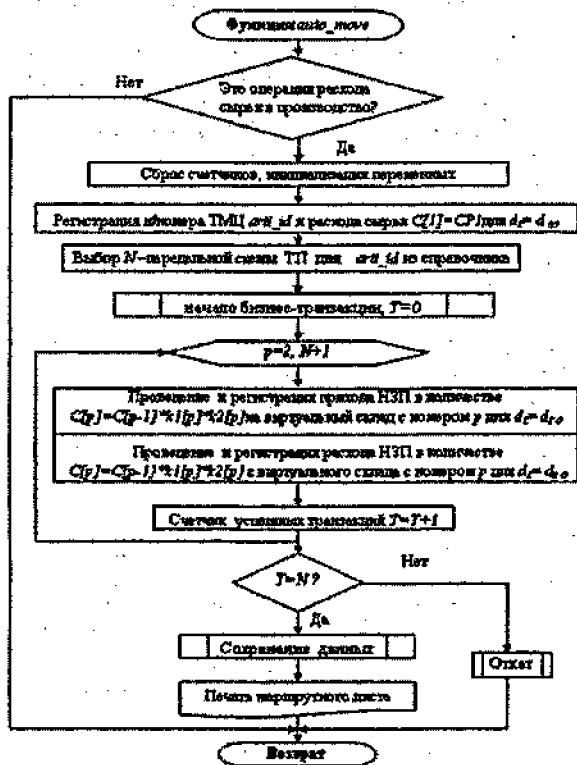


Рис. 8. Блок-схема алгоритма функции оперативного учета НЗП.

При выборе средств разработки в соответствии с принципом приоритета операционной системы и с учетом популярности платформы Windows на предприятиях малого и среднего бизнеса РФ, предпочтение отдано программным продуктам, произведенным корпорацией Microsoft, а именно - полнофункциональной реляционной СУБД *Microsoft Visual FoxPro 8.0* и серверу баз данных *Microsoft SQL Server 2000*.

Функциональные возможности ПКОВИ рассмотрены на примере его использования в рабочем проекте автоматизации производственного учета и планирования производства трикотажного полотна для автомобильной промышленности. При создании программного комплекса принята во внимание специфика учета готовой продукции на предприятии (изменение единиц из-

мерения сырья и полуфабрикатов на переделах, номерной учет рулонов ткани и т.д.). Введение универсального классификатора номенклатурных номеров ТМЦ позволяет осуществлять учет в разрезе единых аналитических групп в структуре информационных потоков. В программе предусмотрена возможность перенастройки модели расчета НЗП средствами встроенного интерпретатора макровыражений и скриптов в синтаксисе языков *xBase* и *Transact-SQL*.

Верификация ПКОПИ производилась трассировкой его отдельных модулей с помощью интерактивного отладчика среды *Visual FoxPro 8.0*.

Валидация выходных данных ПКОПИ производится в конце отчетного периода с минимальной длительностью «один день» уполномоченными службами предприятия на основании уравнения баланса материального потока (1) при условии, что значения всех переменных приведены к одной единице измерения и подтверждены инвентаризацией в контрольных точках.

Использование описанного ПКОПИ позволило снизить сверхнормативные потери в пределах от 2 до 10% от общего уровня технологических потерь в зависимости от типа трикотажного полотна. Помимо функций ввода, обработки оперативной информации, формирования и печати отчетов имеется возможность визуализации движения материальных потоков в виде графиков и гистограмм (рис. 9) средствами табличного процессора *Excel*, данные в который экспортируются в виде многомерного массива.

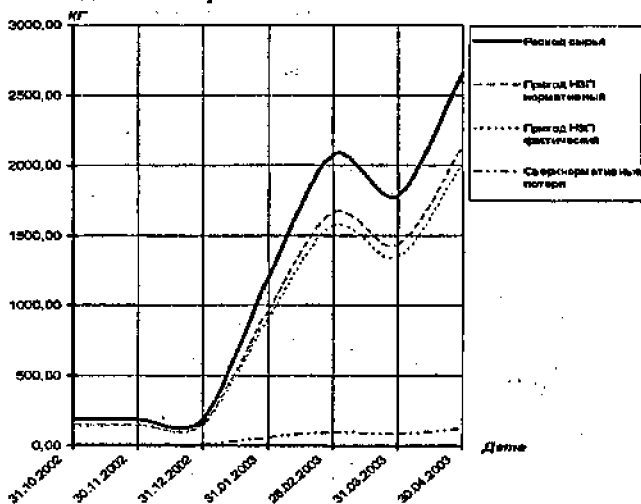


Рис. 9. График движения материального потока на переделе «Стрижка» технологического процесса производства трикотажного полотна типа «бархат-штрих». В ПКОПИ, используемом в производстве паркета, представляют практический интерес результаты анализа выпуска готовой продукции в разрезе пород древесины, селекция и типоразмеров паркета, выполненные подпис-

плекса привело к снижению сверхнормативных потерь бланочной продукции в страховой компании на 3%.

В заключении приведены выводы по диссертации, сформулированы полученные научные и практические результаты.

В приложениях к диссертации приведены элементы интерфейса, отчетно-аналитические формы и результаты анализа данных ПКОПИ, внедренных на различных предприятиях.

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Предложен и обоснован новый концептуально-логистический подход, с помощью которого построена объектно-структурная модель СОПИМП, являющаяся основой для концептуального моделирования системы и представляющая собой ориентированное по материальному потоку дерево, узлы которого обозначают реальные и виртуальные склады, размещенные в соответствии со схемой технологического процесса.

2. Разработана математическая модель элементарного звена СОПИМП – склада-модуля, представляющая собой модель расчета остатков хранящихся в нем ТМЦ.

3. Разработана методика построения эталонной модели СОПИМП, упрощающая процесс создания концептуальной модели системы и повышающая эффективность ее использования на уровнях логического и физического моделирования.

4. Разработана имитационная модель СОПИМП, являющая основой для построения программного комплекса обработки потоковой информации в многопередельном производстве.

5. Разработан программный комплекс обработки потоковой информации в многопередельном производстве, реализующий функции сбора и обработки учетно-аналитической информации и содержащий гибкие средства построения и модифицирования моделей учета материальных потоков. С помощью данных, полученных в результате вычислительного эксперимента, проведенных на программном комплексе, могут быть своевременно выявлены сверхнормативные технологические потери на ПМТП и выработаны меры по их снижению.

Публикации в журналах, входящих в список ВАК

1. Мкртычев С.В. Визуальная модель автоматизированной системы учета товарно-материальных ценностей в технологических процессах // Автоматизация и современные технологии. - 2004. - № 2, - с. 9 –12.

2. Мкртычев С.В. Автоматизация учета производства трикотажного полотна // Текстильная промышленность. –2004. –№5. -с.72-73.

3. Мкртычев С.В. Особенности обеспечения изоморфизма информационных потоков в системах учета производства готовой продукции // Информационные технологии. –2006. –№ 2. - с.64-68.

Публикации в прочих изданиях.

4. Мкртычев С.В. Автоматизированная система учета производства штучного паркета // Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта: Материалы 2-й науч.-техн. конф.- Вологда: ВоГТУ, 2003. –с. 84-87.

5. Мкртычев С.В. Модель системы оперативного планирования производства // Теория и методика непрерывного образования: Сб. научных трудов - Тольятти: ИОСО РАО, ТГУ, 2003. - с. 165-168.

6. Мкртычев С.В. Использование концепций производственной логистики в моделировании систем учета материальных потоков // Тезисы Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в науке, образовании и экономике», 28 ноября – 1 декабря 2005, г. Якутск. <http://www.itnoe.sitc.ru/list4.html>

7. Мкртычев С.В. Имитационная модель учета материальных потоков для производств передельного типа // Современные проблемы информатизации в моделировании и программировании: Сб. трудов. Вып. 11 / Под ред. д.т.н., проф. О.Я. Кравца. – Воронеж: Издательство «Научная книга», 2006. -с. 195-196.

Подписано к печати 30.10.2006
Заказ № 526
Тираж 100 экз.
Усл. п. л. 1.5
Отпечатано в ООО типография "Форум".
г. Тольятти,
Ул. Радищева, 12

