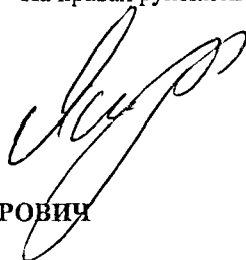


На правах рукописи



ЯШУКОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ЗАПАСАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО
ОБЪЕДИНЕНИЯ**

*Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (промышленность)*

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва - 2009

Работа выполнена на кафедре «Автоматизированные системы управления» в Московском автомобильно-дорожном институте (государственном техническом университете)

Научный руководитель

Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор
Николаев Андрей Борисович,
профессор МАДИ(ГТУ)

Официальные оппоненты

Лауреат премии Правительства РФ,
доктор технических наук, доцент
Строганов Виктор Юрьевич,
профессор МГТУ им.Н.Э.Баумана

Кандидат технических наук,
Лукашук Петр Иванович
Генеральный директор ООО
«Спецстройбетон-200», г.Москва

Ведущая организация: Российский научно-исследовательский институт информационных технологий и систем автоматизированного проектирования (Рос НИИ ИТ и АП), г. Москва.

Защита состоится 7 апреля 2009г. в 10.00 на заседании диссертационного совета Д212.126.05 Московского автомобильно-дорожного института (государственный технический университет) по адресу: 125319, ГСП А-47, Москва, Ленинградский пр., д.64.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МАДИ(ГТУ)

Текст автореферата размещен на сайте Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета): www.madi.ru

Автореферат разослан 6 марта 2009г.

Отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный печатью, просим направлять в адрес совета института.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

 Михайлова Н.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Разработка планов развития промышленных предприятий всегда связана с задачами рационального обеспечения производственными запасами, местоположением складских площадей и вопросам транспортировки необходимых комплектующих непосредственно на производственные участки.

В последние годы в России наблюдается бум строительства современных складских комплексов, однако пока этих помещений катастрофически не хватает. В настоящее время Россия испытывает огромный дефицит качественных складских площадей - 14 млн. м кв. В то же время, общий объем современных складских помещений классов А и В (где используются высокотехнологичные автоматизированные решения) к 2012 г. может достичь от 10 до 20 млн. кв. м. В числе основных тенденций рынка логистики отмечается существенный рост в 2006-2007 гг. количества новых логистических операторов (как отечественных, так и транснациональных), появление в России глобальных логистических сетей. При этом для обеспечения бесперебойной работы предприятия и повышения его конкурентоспособности на рынке, необходимо решение следующих задач: прогнозирование и управление запасами; прогнозирование необходимого количества инженерно-технического состава; прогнозирование потока заказов на продукцию и др. Для эффективного решения этих задач необходимо использование гибридных информационных систем и современных методов организации и управления производственными запасами. Требование к оперативности реализации запросов на комплектующие, а также необходимость их транспортировки заставляет все более серьезно относиться к вопросам повышения производительности, что ставит задачи непрерывного совершенствования и развития автоматизации и управления всем производственным циклом. В связи с этим работа, посвященная вопросам разработки моделей и методов автоматизации управления запасами промышленного объединения, представляется весьма актуальной.

Предметом исследования являются система управления запасами промышленного объединения.

Цель и основные задачи исследования

Целью работы является повышение эффективности функционирования промышленного объединения за счет создания методики комплексного анализа, моделирования и оптимизации стратегий управления запасами.

Для достижения данной цели в работе решаются следующие *задачи*:

1. системный анализ методов и моделей управления запасами;
2. разработка аппарата дискретно-событийного моделирования управления запасами и модели распределения запасов;

3. разработка модели прогноза заказов;
4. разработка процедур оптимизации на имитационных моделях управления запасами;
5. разработка SADT-моделей автоматизированной системы управления запасами;
6. разработка базы данных управления запасами промышленного предприятия;
7. разработка программно-моделирующего комплекса поддержки принятия решений процесса управления запасами.

Методы исследования

При разработке формальных моделей в диссертации использовались методы и модели имитационного моделирования, стохастической оптимизации, управления запасами, методы математического программирования, теория случайных процессов, теория массового обслуживания и др.

Научная новизна работы состоит в разработке методов, моделей, алгоритмов и методики дискретно-событийного моделирования стратегий управления запасами.

На защиту выносятся:

- модель распределения запасов в виде управляемого регенерирующего процесса;
- категорная и реляционная модели базы данных системы управления запасами;
- SADT-моделей автоматизированной системы управления запасами;
- программно-моделирующий комплекс системы управления запасами.

Достоверность научных положений, рекомендаций и выводов

Обоснованность научных положений, рекомендаций и выводов определяется предварительным статистическим анализом потоков заказов в ряде предприятий, согласованностью результатов аналитических и имитационных моделей. Достоверность положений и выводов диссертации подтверждена положительными результатами внедрения результатов работы в ряде предприятий.

Практическая ценность и реализация результатов работы

Научные результаты, полученные в диссертации, доведены до практического использования. Они представляют непосредственный интерес в области моделирования и управления запасами промышленных предприятий. Разработанные методы и алгоритмы прошли апробацию и внедрены для практического применения на ряде промышленных предприятий, а также используются в учебном процессе на кафедре АСУ МАДИ(ГТУ).

Апробация работы

Содержание отдельных разделов и диссертации в целом было доложено и получило одобрение:

- на Российских и межрегиональных научно-технических конференциях, симпозиумах и семинарах (2005-2009гг.);
- на заседании кафедры АСУ МАДИ (ГТУ).

Совокупность научных положений, идей и практических результатов исследований в области автоматизации процессов управления представляет интерес для теоретических и практических методов поддержки принятия решений по организации управления на промышленных объединениях.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Структура работы соответствует списку перечисленных задач, содержит описание разработанных методов, моделей и алгоритмов.

Во введении обосновывается актуальность работы. Ставятся цели и задачи исследований. Приводится краткое содержание глав диссертации.

1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ЗАПАСАМИ

В первой главе проведен анализ методов и моделей управления производственными запасами. Основу экономической эффективности деятельности промышленного объединения составляют своевременная поставка необходимого количества комплектующих на производственные участки. Деятельность всего объединения зависит от деятельности его структурных подразделений. К основным элементам организационной структуры промышленного объединения относятся: Бухгалтерия, Транспортный цех, Отдел прогнозирования, Ремонтное звено и т.п. Важным элементом организационной структуры является система ведения учета, и организации документооборота в части: оприходования материальных ценностей на складе; выставления счетов заказчикам; ведения базы данных по заказчикам; выписки товарных накладных и счетов фактур; списания материальных ценностей со склада; расчета себестоимости материальных ценностей; экспорта данных в бухгалтерскую программу и др.

Анализ исследований российских и зарубежных ученых показал, что затраты предприятий на формирование и поддержание складов могут быть значительно снижены за счет централизации управления запасами в масштабах сбытовой цепи предприятия-производителя, повышения точности прогнозирования потребности и оптимизации хранимой номенклатуры.

В диссертации рассмотрены проблемы современного развития работ в области создания информационного обеспечения поддержки управленческих решений управления производственными запасами. В общем случае, запас - это количество комплектующих, хранящихся на складе с целью будущего

использования в производственном цикле. В случае дискретного времени величина запаса Z_n определяется рекуррентным соотношением $Z_{n+1} = Z_n + \eta_{n+1} - f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \xi_{n+1})$, где η_{n+1} – количество комплекующих на складе в момент $n+1$; ξ_{n+1} – потребность в комплекующих в интервале $(n, n+1)$; $f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \xi_{n+1})$ – количество освоенных комплекующих в момент $n+1$. Предполагается, что потребности в комплекующих $\xi_1, \xi_2, \dots$ – взаимно независимые одинаково распределенные случайные величины; заказы осуществляются в соответствии с некоторой политикой заказывания, а функция f определяется этой политикой. В данном случае справедливо неравенство $f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \xi_{n+1}) \leq \xi_{n+1}$. В диссертации рассматривается два типа политик заказывания, допускается или нет неравенство $f(Z_{n+1} + \eta_{n+1}, \xi_{n+1}) > Z_n + \eta_{n+1}$. Монотонная политика заказывания определяется критическим числом x^* : если уровень запаса $Z_n \geq x^*$, то заказ не делается; $Z_n < x^*$, то производится заказ и немедленно доставляется случайное количество комплекующих X_{n+1} , с заданным законом распределения.

Для моделирования процессов управления запасами проведен анализ дискретно-событийных подходов, основанных на описании регенерирующих процессов. Так, случайный процесс $\xi(t)$ является регенерирующим, если существуют такие случайные моменты времени, в которых он начинается заново в вероятностном смысле. При этом он каждый раз попадает в определенную точку фазового пространства (точку регенерации). Особенностью этого процесса является то, что “отрезки” процесса, заключенные между моментами регенерации являются вероятностными копиями друг друга. Это дает возможность получать на каждом интервале регенерации независимые оценки.

$$\bar{Y} = \bar{\xi} / \Delta T; \quad \bar{\xi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{\xi}_i; \quad \Delta T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta T_i, \quad (1)$$

где $\bar{\xi}_i = \int_{T_{i-1}}^{T_i} \xi(t) dt$ – интегральная оценка исследуемого процесса, N – число

циклов регенерации, $\Delta T = T_i - T_j$ – длительность i -го цикла регенерации.

Решающими правилами для этого метода являются следующие требования: процесс неоднократно возвращается в некоторое фиксированное состояние (или область); среднее время возвращения конечно; моменты очередного возвращения являются моментами регенерации.

При построении дискретно-событийной модели основным составляющим объекта моделирования, каковыми являются его элементы, процесс, законы функционирования, соответствуют информационные объекты: ресурсы, действия и нерегулярные события, операции. Процесс в объекте

моделирования представляет собой временную последовательность действий и нерегулярных событий.

Целью дискретного имитационного моделирования является воспроизведение взаимодействий, в которых участвуют компоненты, а также изучение поведения и функциональных возможностей исследуемой системы. Для этого выделяются состояния системы и описываются действия, которые переводят ее из одного состояния в другое состояние. При дискретно-событийной имитации состояние системы может меняться только в моменты совершения событий. Поэтому полный «динамический портрет» состояний системы может быть получен путем продвижения имитационного времени от одного события к другому. В большинстве языков дискретной имитации используется механизм продвижения времени, основанный на поиске очередного ближайшего события. Функционирование дискретной имитационной модели задается одним из способов:

1) фиксируются изменения состояния системы, происходящие в момент совершения событий;

2) описываются действия, в которых принимают участие элементы системы;

3) описывается процесс, через который проходят элементы системы.

В диссертации также проведен анализ статистических методов на предмет применимости к решению проблем моделирования процессов управления производственными запасами. В результате предлагается использовать всю совокупность статистических методов, включив их в контур автоматизированной системы поддержки принятия решений по выбору стратегий управления запасами.

2. РАЗРАБОТКА ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНЫХ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСОВ

Во второй главе реализованы имитационные модели управления запасами в условиях стохастической неопределенности. При этом в моделях учитывается, что хранение всегда связано с издержками, а нехватка необходимых ресурсов с потерями заказов.

Процесс функционирования системы управления запасами в работе представлен в виде временной последовательности действий и нерегулярных событий $\Pi = \langle A, \tilde{E}, \succ \rangle$, где A - множество действий; $\tilde{E}$ - множество нерегулярных событий; $\succ$ - отношение предшествования во времени.

Для регулярного события можно указать алгоритм F преобразования $C^- \xrightarrow{F} C^+$, который определяется закономерностями процесса управления. Поэтому действие a можно представить следующим образом:

$$a = \langle F_H(C_K^-(R^a)), F_K(C_H^-(R^a)), t_H, t_K \rangle, \quad (2)$$

где F_H, F_K - алгоритмы преобразования параметров, описывающих состояние ресурсов при событиях e_H и e_K ; $C_{H,K}^-(R^a)$ - состояние ресурсов, релевантных действию a , до событий начала и конца действия.

Действие привязано к временной оси: начинается в момент t_H и кончается в t_K . Если в описании действия исключить привязку к временной оси, оставив лишь длительность его выполнения Δt , то получим виртуальное действие (возможное). Виртуальное действие может начаться (но не обязательно начнется), если для множества R^v релевантных ему ресурсов выполняется условие $P(R^v) = TRUE$. Таким образом, виртуальное действие можно представить как:

$$v = \langle P(R^v), F_H(C_H^-(R^v)), F_K(C_K^-(R^v)), \Delta t \rangle. \quad (3)$$

Виртуальное действие отражает (алгоритмы F_H, F_K и условие $P(R^v)$) логику взаимовлияния ресурсов в процессе функционирования. Всякий раз, когда состояние удовлетворяет условию начала виртуального действия, может произойти действие a , соответствующее данному виртуальному и имеющее определенные времена t_H, t_K . То есть виртуальное действие описывает, что может произойти в системе и при каких условиях, а действие - что произошло/происходит/произойдет и в какое время.

Множество виртуальных действий $V = \{v_q / q = 1, 2, \dots, Q\}$, относящихся к системе управления, разбивается на небольшое число подмножеств действий, имеющих одинаковую природу. Виртуальные действия, принадлежащие такому подмножеству $V_j \subseteq V$, имеют одинаковую логику взаимодействия ресурсов, и различаются лишь конкретными ресурсами в них участвующими. Подмножество V_j описывается следующим образом:

$$V_j = \langle \Psi, P(R^v), F_H(C_H^-(R^v)), F_K(C_K^-(R^v)), \phi(C_H^-(R^v)) \rangle, \quad (4)$$

где Ψ - множество всех возможных множеств R^v релевантных ресурсов, с использованием которых можно выполнить виртуальное действие $v \in V_j$, а $\phi(C_H^-(R^v))$ - длительность выполнения виртуального действия, зависящая от состояния используемых виртуальных ресурсов СДС.

Таким образом, принадлежность виртуальных действий к определенному типу означает, что для них $P(R^v)$, $F_H(C_H^-(R^v))$ и $F_K(C_K^-(R^v))$ одинаковы, т.е. действия одного типа одинаковым образом меняют состояние релевантных ресурсов, требуют одинаковых условий начала по всем ресурсам, и отличаются лишь множествами R^v , используемых ресурсов и временем выполнения.

В условиях нестационарности поставок производственных запасов разработанная модель динамики потока заказов, используемая при экстраполяции, учитывает ее периодические колебания во времени. Наиболее общий линейный фильтр, порождающий очередное значение на выходе по значениям текущего и M предыдущих входов и N своих выходов, описывается уравнением:

$$y_n = \sum_{k=0}^M c_k x_{n-k} + \sum_{j=1}^N d_j y_{n-j}, \quad (5)$$

В диссертации предлагается использование метода экстраполяции временных периодических рядов. Для различных вариантах потоков разработаны алгоритмы вычисления коэффициентов уравнения (5). В работе проведен анализ влияния глубины прогноза на его точность. Более глубокий прогноз является более информативным и дает лучшую возможность для решения задачи выбора стратегии заказов. В качестве критерия оценки

качества использовалась характеристика $\varepsilon_n^*(k) = \frac{|IN_L - IN_L^*(L-k)|}{|IN_L|}$ и

формально задача определения глубины прогноза может быть поставлена как задача нахождения $k^{\max}$ - максимальной глубины прогноза - при ограничении на максимально допустимую ошибку $\varepsilon_n^{\max}$.

Для различных вариантов потоков заказов разработаны алгоритмы вычисления коэффициентов, которые включают следующие этапы.

1. Используя известные M предыдущих значений $X(T_m)$, вычисляется оценка ϕ_j автокорреляции функции $X(t)$ с задержками $j, j=-M \dots M$.

2. Используя полученные оценки ϕ_j и уравнение Берга-Андерсена, вычисляются значения коэффициентов $a_k, k=0 \dots M$.

3. Далее определяются N коэффициентов d_j и по методу максимальной энтропии получается y_n - прогноз значений потоков заказов.

С одной стороны, более глубокий прогноз является более информативным и дает лучшую возможность для решения задачи рационального размещения заказов. С другой стороны, при увеличении глубины прогноза снижается точность прогнозной оценки (нестационарность процесса), что снижает точность модели в целом.

В работе рассматривается следующая модель распределения производственных запасов. Склад формирует заказы для двух типов клиентов: для производственных участков своего объединения (в больших количествах), и для сторонних организаций, заказывающих в лучшем случае один предмет в единицу времени. Помимо размеров партий, учитывается p_{sj} – вероятность того, что между заказами участка s проходит j единиц модельного времени.

Для сторонних организаций (их количество в модели параметризуемо - N) разыгрывается однородная стратегия заказов. Каждый клиент в любой конкретный момент времени делает заказ с вероятностью p^* независимо от продолжительности времени, прошедшего с момента последнего заказа. Размер партий составляет X_n .

В качестве выходных данных в модели используются:

q_{ns} – число единиц запаса, заказываемых производственным участком s в n -ый промежуток времени $s=1..S$;

q_n – число полученных заказов от отдельных потребителей в n -ю неделю.

Пусть $Q_n = (q_{n1}, q_{n2}, \dots, q_{ns}, q_n^*)$ а β_k обозначает k -ый момент времени с начала моделирования, когда $Q_k \in A$, где $A = \{x \in R^1: \forall s x_s > 0\}$, т.е. β_k - k -ый по счету момент времени, когда все производственные участки делают заказ на данный продукт. Тогда моменты времени $\{\beta_k, k > 1\}$ являются моментами регенерации для процесса $\{q_n, n \geq 1\}$ и могут использоваться для разделения выходной последовательности на независимые и одинаково распределенные группы. Таким образом, можно получить доверительные интервалы для $M f(Q)$, где Q – случайный вектор, к которому по распределению стремиться Q_n . При данной постановке функции f могут быть произвольными.

Таблица 1.

Результаты моделирования по оценке доверительных интервалов

f	Параметр	Теретич. значение	Доверительный интервал
1.	средне число заказов в неделю	40,75	40,35 – 41,04
2.	средне число единиц запасов, заказываемого в неделю	70,00	69,80 – 71,15
3.	среднеквадратическое отклонение числа заказов	1691,13	1658,10 – 171,80
4.	среднеквадратическое отклонение единиц запасов	5867,50	5815,21 – 6051,32
5.	вероятность заказов единиц продукции на неделю более 75	0,4351	0,4207 – 0,4650
6.	вероятность одновременного заказа участками i и j	0,0625	0,0480 – 0,0775
7.	вероятность отсутствия заказов	0,4219	0,3929 – 0,4336
8.	среднее значение функции стоимости операций товарного склада	30,00	29,99 – 31,09
9.	среднее значение функции стоимости операций склада	300,02	299,93 – 301,86

Функция стоимости операций товарного склада состоит из постоянной стоимости в размере $X_{\text{пс}}$ единиц в неделю, издержки на обработку заказов $X_{\text{об}}$ на каждый заказ, стоимость хранения $X_{\text{хр}}$ за каждую единицу запасов и стоимость транспортировки $X_{\text{тр}}$.

Пусть $\alpha_k = \beta_{k+1} - \beta_k$, тогда для $Y_k^{(i)} = \sum_{i=\beta_k}^{\beta_{k+1}-1} f_i(Q)$, $k \geq 1$, $i = 1 \dots N$,

последовательности $\{(Y_k^{(i)}, \alpha_k) : k \geq 1\}$ независимые и одинаково распределенные. При этом $M[f_i(Q)] = \frac{M[Y_1^{(i)}]}{M[\alpha_1]}$. Таким образом, чтобы получить

доверительный интервал для $M(f_i(Q))$ предлагается использовать классический статистический анализ регенерирующих процессов. В целях апробации разработанной имитационной модели проведена серия экспериментов с различными вариациями входных параметров и оцениваемых функций, которые используются при оценке эффективности стратегии управления.

Результаты моделирования системы распределения заказов сведены в таблицу 1. Во всех экспериментах теоретическое значение исследуемого функционала принимало значение из доверительного интервала.

3. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ЗАПАСАМИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ РЕГЕНЕРИРУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

В третьей главе диссертации разработаны методы и алгоритмы синтеза стратегии управления запасами, основанные на формировании алгоритмов прогноза потока заказов на различные виды производственных запасов.

Ставится и решается задача оптимизации стратегии управления запасами на дискретно-событийной имитационной модели, доставляющих экстремум выбранному критерию эффективности. Предполагается, что для каждой стратегии управления стохастическая модель однозначно определяет значение критерия $Y=Y(X)$, а оптимальные параметры, определяющие стратегию управления $X^* = \arg \max_{X \in XX} Y(X)$.

Рассмотрим задачу поиска решения на основе имитационного моделирования, при котором необходимо определить значения входных управляемых переменных имитационной модели (ИМ) для получения оптимального значения параметров управления. В данном случае один прогон ИМ обеспечивает получение достоверных результатов в одной точке пространства поиска решений. Для эффективного решения данной задачи система на основе ИМ должна иметь интеллектуальную надстройку, позволяющую заменить специалиста-разработчика. Полученная система будет

представлять собой простейшую гибридную систему, объединяющая имитационную модель и блок оптимизации (рис. 1.).



Рис. 1.

Блок оптимизации реализует один из алгоритмов поисковой оптимизации. Имитационная модель используется для вычисления значения критерия оптимизации для различных вариантов решений, которые предлагает блок оптимизации. Цель блока оптимизации – улучшение решения за счет подбора значений управляемых переменных.

Необходимо отметить, что применение в блоке оптимизации точных методов оптимизации, обеспечивающих нахождение оптимального решения, не всегда целесообразно, поскольку имитационная модель является лишь копией реального процесса управления запасами с некоторой степенью адекватности. Также при использовании точных методов, как правило, затрачиваются значительные вычислительные ресурсы, что во многих случаях является критичным. Поэтому в большинстве случаев в качестве алгоритма поисковой оптимизации лучше использовать методы, которые не обязательно обеспечивают достижение точного оптимума, но обеспечивают быструю поисковую сходимость алгоритма.

В процессе управления имитационной моделью значения параметров (управляемых параметров модели) целенаправленно изменяются в сторону улучшения характеристик на основании грубых оценок, полученных в ограниченной области текущих значений управляемых параметров. При этом может быть достаточно велика вероятность выбора неверного решения

относительно направления изменения параметров стратегии в силу того, что характеристики потоков заказов носят случайный характер, а изменение параметров приводит к появлению переходного процесса характеристик производственного процесса. Таким образом, управляемая имитационная модель помимо случайного процесса параметров определяет и процесс случайного изменения характеристик.

Критерием эффективности управления запасами является математическое ожидание предельного значения характеристик процесса ξ_X (среднеинтегральная оценка):

$$\hat{Y}(X) = \frac{1}{T} \int_0^T \hat{\xi}_X(t|s) dt. \quad (6)$$

Предполагается, что процесс $\xi_X(t)$ (основной процесс) характеристик стационарен, а нестационарность возникает лишь в момент изменения параметра управления запасами, что фиксирует начальное состояние процесса, отличное от стационарного. $\xi_X(t|s_j)$ - случайный процесс характеристик $\xi_X(t)$ с фиксированным начальным состоянием s_j ($s_j \in S$). Также предполагается, что независимо от начального состояния существует единственное предельное значение характеристики при условиях сохранения параметров управления.

Моделирование буквально всех аспектов системы часто не требуется, к тому же оно не достижимо из-за ограничений, связанных со временем, финансовыми и компьютерными возможностями. Один из возможных вариантов формирования алгоритма построения имитационных моделей различной точности представлен на рис. 2.

В модели задаются начальные параметры: P – значения доверительной вероятности, которая необходима для определения доверительного интервала с заданной степенью достоверности; cnt – число имитационных моделей различной точности, которые будут использоваться в процессе поиска решений; n – число прогонов для каждой ИМ, от которого зависит достоверность выходных параметров ИМ.

Если при исследовании системы необходимо учесть множество факторов, используется «грубая» имитационная модель с целью выделения из всего множества факторов наиболее значимых на системные показатели. Затем используется детальная ИМ, в которой акцент делается на установленные в «грубой» значимые факторы.

В качестве формального описания компонентов системы управления запасами использовалась SADT- модель - методология структурного анализа и проектирования, предназначенная для построения функциональных моделей предметной области, отражающих процессы функционирования тех или иных объектов и систем.

Схема алгоритма построения имитационных моделей различной точности

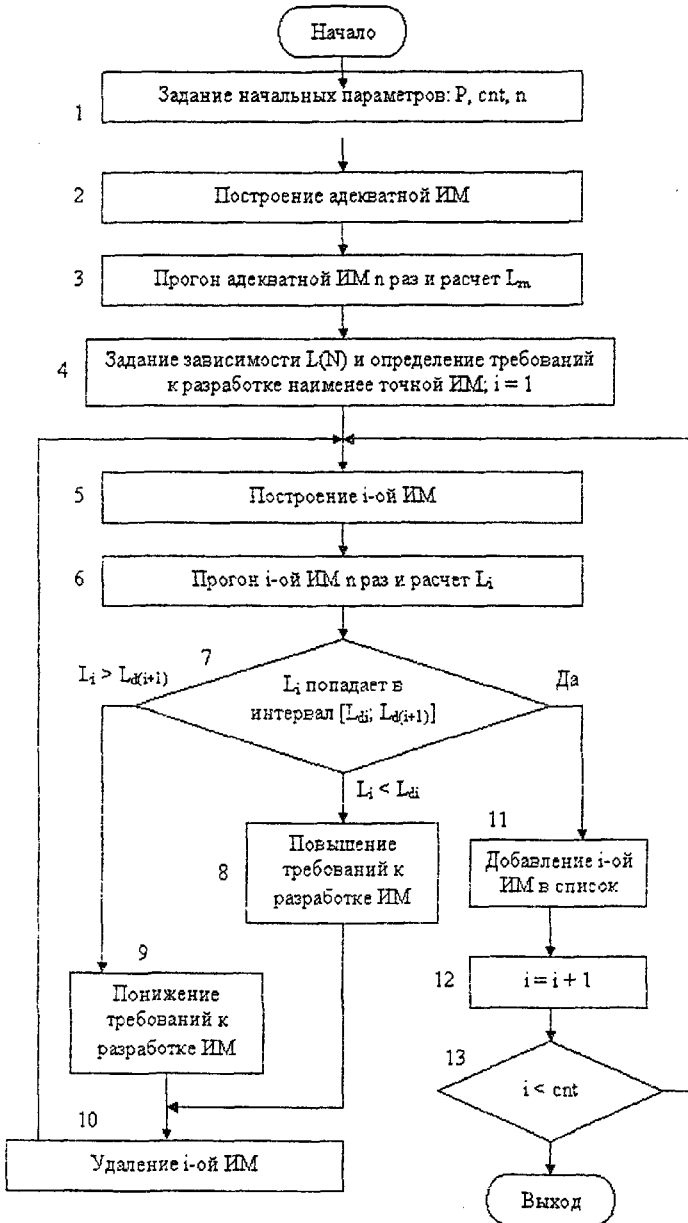


Рис. 2.

Основным рабочим элементом при создании модели являются диаграммы. Диаграммы содержат блоки и дуги. **Блоки** изображают функции моделируемой системы. **Дуги** связывают блоки вместе и отображают взаимодействие между ними. Между объектами и функциями определены четыре типа отношения: **вход, управление, выход, механизм**. SADT-модель является иерархически организованной совокупностью диаграмм последовательно детализирующих функции системы до необходимого уровня сложности.

Целью разработки модели является описание процесса функционирования подсистемы «Формирования и контроля запасов». Контекстная диаграмма управления запасами представлена на рис.3.

Входные данные: <данные о производстве>, <данные из внешних систем>, <запрос на получение данных>, <запрос на выполнение расчета плана поставок>, <сведения о поступлениях производственных запасов> и др.

Выходные данные: <данные во внешние системы>, <параметры производственных запасов>, <план поставок>, <сообщения во внешние системы>, и др.

Входы по управлению: <правила формирования и управления запасами>, <алгоритм построения плана управления запасами> и др.

Механизмы: <автоматизированный программный комплекс>, <пользователи системы>

Подчиненные активности: <контроль и формирование плана поставок>, <обеспечение взаимодействия с поставщиками, сбор данных от поставщиков>, <подготовка и корректировка прогноза>, <взаимодействие с внешними пользователями>.

Построенная формальная модель описания процессов управления запасами (рис.3.), с одной стороны, дает основу непосредственно проектированию АСУ, а, с другой стороны, дает возможность параметризации аналитических и имитационных моделей, которые позволяют получить расчетные времена и затраты на реализацию производственного цикла.

Аналогичным образом в работе выполнено описание подсистем:

- формирования плана запасов;
- анализа плана запасов;
- подготовки данных для формирования плана поставок;
- расчета плана поставок на уровне поставщиков;
- расчета поставок на уровне центров распределения.

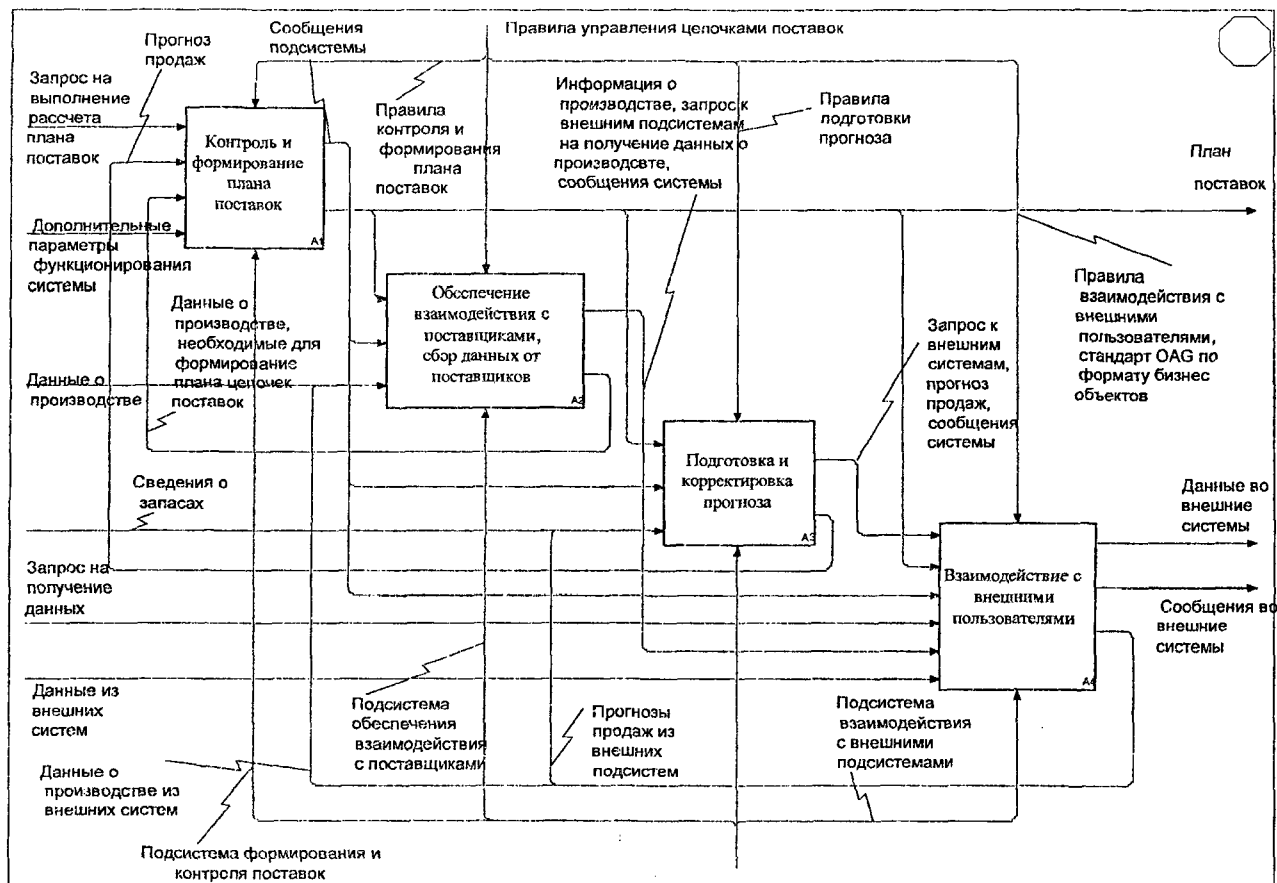


Рис. 3.

В результате проработки SADT-моделей были выделены сущности, их атрибуты, взаимосвязь между ними и построена инфологическая модель базы данных, которая представляет собой концептуальную схему базы данных в форме одной модели и которая может быть отображена в любую СУБД, поддерживающую данную схему описания.

В предлагаемой модели данных интерфейс с доменом не зависит от его реализации и находят отражение в ряде общих свойств доменов с точки зрения их реализации и использования. Категорная доменно-ориентированная модель характеризуется следующими свойствами.

1. Наличие доменов. Домен содержит список возможных значений и их номера (числовые идентификаторы).

2. Наличие у каждого домена нумерации $S_i: N_i \rightarrow V_i$, где N_i - номерное множество; V_i - область значений $i = 1, \dots, n$; n - количество доменов.

Домен фактически хранит связь вида:

$$D_i = \{ \langle n_j, v_j \rangle \mid n_j \in N_i, v_j \in V_i, 1 \leq j \leq \|D_i\| \}. \quad (7)$$

С помощью такого механизма в момент включения элемента в домен элементу назначается номер. Наличие механизма идентификации элементов (экземпляров) сущностей реализуется через систему службы сущностей БД, которая назначает для каждой вновь создаваемой сущности уникальный внутрисистемный номер (ВСН). Эта служба аналогична службе времени в операционной системе, службе идентификаторов объектов в OLE и т.д.

Базы данных, построенные на основе категорной нумерационной доменно-ориентированной модели данных, характеризуются следующими свойствами: связи между значениями отделены от самих значений, что обеспечивает простую структуру отношений связи и доменов; исключается дублирование значений в отношении; дублирование номеров значений во многих случаях требует меньших затрат памяти.

При реализации запросов к базе данных выполняются операции над числовыми отношениями. Только на заключительном этапе требуется интерпретация полученного отношения. Это позволит уменьшить количество операций ввода-вывода при перемещении данных в сети в случае распределенной БД. Вновь созданные домены для одного приложения будут востребованы при создании БД для других приложений.

Механизм перехода от категорной доменно-ориентированной модели к реляционной модели предполагает вычисление отношений реляционной модели данных и предполагает вычисление отношения n -го порядка над связями на основе бинарных отношений $R_1, R_2, \dots, R_{n-1}$

где $> <$ - операция естественного соединения;

$R(E, I_1, \dots, I_{n-1})$ - схема отношения;

$R_i = \{ \langle b, a_i \rangle \mid b \in N, a_i \in D_i \}$ со схемой $R_j(E, I_j)$;

b - номер сущности;

E - атрибут, соответствующий номеру сущностей;

$I_1, \dots, I_{n-1}$ - атрибуты, соответствующие значениям.

Предложенная модель естественным образом допускает применение объектно-ориентированного подхода в реализации объектов категории (доменов). Реализации домена соответствует класс объектов с определенным набором переменных и функций. Запись в кортеже-ориентированной модели рассматривается как совокупность следующего вида:

$$R = \{ \langle b, a_1, a_2, \dots, a_n \rangle \mid b \in N, \langle b, a_i \rangle \in R_b, \langle b, a_2 \rangle \in R_2, \dots, \langle b, a_n \rangle \in R_n \}. \quad (8)$$

ER-модель управления запасами

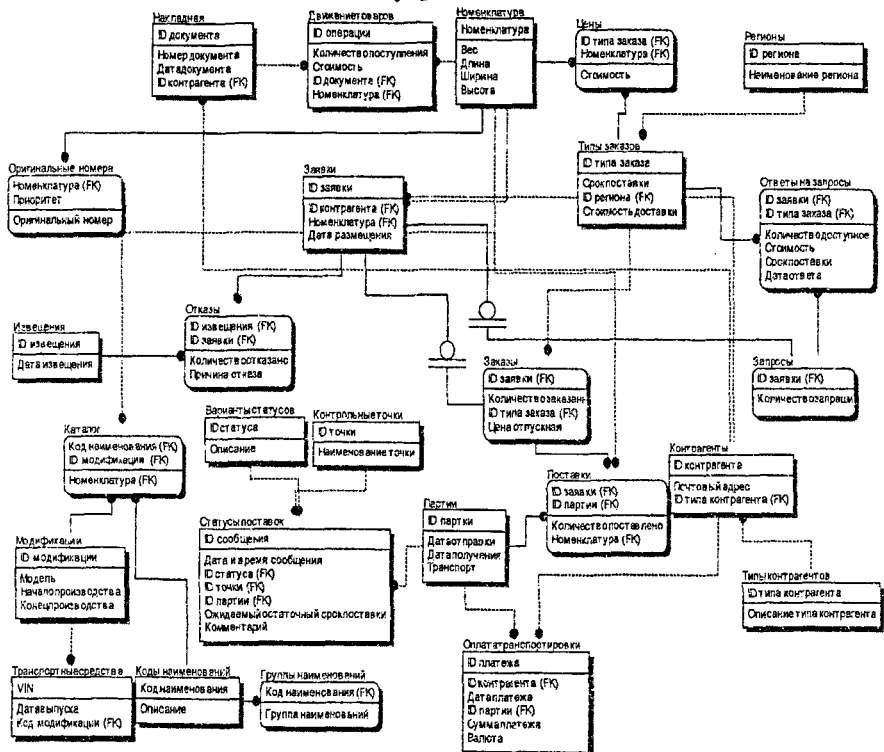


Рис. 4

Для реализации операций размещения и поиска записей в кортеже-ориентированной модели, построенной на основе доменно-ориентированной модели, используются аналогичные операции доменно-ориентированной модели.

Система разбита на модули, каждый из которых выполняет задачу автоматизации одного из элементов деятельности фирмы. Разработаны ER-модели БД управления запасами в целом и ее подсистем (рис.4) Предложенная модель позволяет обеспечить обратную связь между сбытовой цепью предприятия, то есть подразделениями предприятия, непосредственно представленными на рынке и производством.

4. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Четвертая глава диссертации посвящена описанию программного комплекса, реализующего предложенные методы и алгоритмы. Разработанные алгоритмы синтеза стратегии управления запасами являются параметризуемыми, поэтому в зависимости от прогнозируемого количества потенциальных заказов дает различные варианты.

Программный комплекс включает имитационную модель стратегии управления запасами. С одной стороны, эта модель дает основу сравнительному анализу и проверке робастности предлагаемых в диссертации методов и алгоритмов. С другой стороны, в нее включен алгоритм управления заказами на комплектующие, что дает возможность имитировать процесс управления в целом. В диссертации предлагается универсальная модель интеграции имитационных моделей с включением произвольной стратегии управления запасами.

Моделирующий алгоритм включает следующие компоненты:

- подпрограммы событий, реализующие элементарные операторы;
- алгоритм формирования модельного времени;
- алгоритм выбора очередного класса одновременных событий (КОС);
- алгоритм генерирования КОС.

Подпрограмма события представляет собой программную реализацию одного элементарного оператора, включающего оператор состояния, оператор условия продвижения инициатора и навигационный оператор. В этих подпрограммах, в общем случае, все параметры являются глобальными. В каждом же конкретном случае часть параметров может быть локализована. Однако все параметры, через которые осуществляется обмен, являются глобальными. Укрупненная схема алгоритма имитационной модели представлена на рис.5.

Здесь ($h_1, h_2, \dots, h_n$) – упорядоченная совокупность подпрограмм событий, реализующих элементарные операторы треков всех процессов в системе. Параметр **ВРЕМЯ** - содержит текущее значение модельного времени; параметр **ИНИЦИАТОР** - содержит значение текущего инициатора (ссылку на локальную среду процесса); **КАЛЕНДАРЬ** - алгоритм, реализующий

монотонно возрастающее продвижение модельного времени и начало нового КОС в системе; **АПУ** - алгоритм проверки условий, обеспечивающий построение КОС для текущего значения модельного времени; **ТБВ** - Таблица Будущих Времен. Каждая строка ТБВ соответствует одному процессу и содержит следующие элементы описания будущего *активного* события.

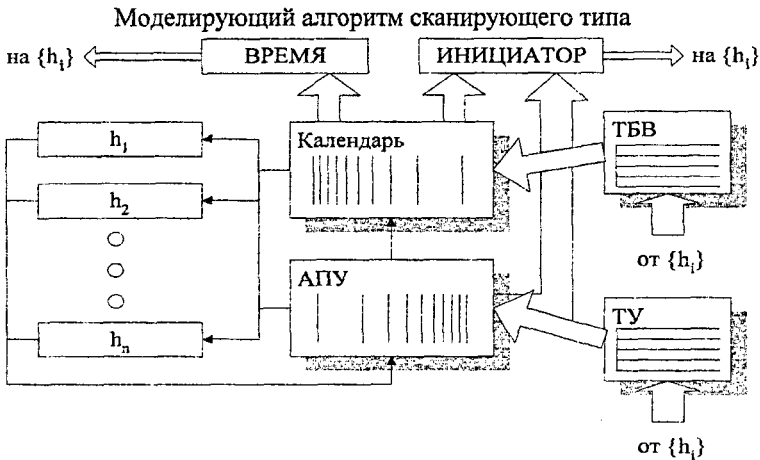


Рис. 5.

Разработан сценарий системы поддержки принятия решений по выбору стратегий управления запасами. При формировании методики аналитической обработки использовались инструментальные средства гибридной среды «СОТА», которые позволяют формировать алгоритмическую структуру программных приложений за счет задания переходов между приложениями по условиям его завершения с использованием стандартизованного интерфейса, что и создает пользовательский сценарий.

Приложение диссертации содержит документы об использовании результатов работы.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 7 печатных работ, которые приведены в списке публикаций.

Основные выводы и результаты работы

1. Проведен системный анализ методов и моделей управления запасами в результате которого показана целесообразность использования дискретно-событийных имитационных моделей.

2. Разработан аппарат дискретно-событийного моделирования управления запасами в виде процессно-ориентированного описания системы управления запасами

3. Разработана дискретно-событийная имитационная модель распределения запасов и показан характер имитационного процесса, который сводится к регенерирующему, что позволяет использовать классические статистические методы оценки характеристик эффективности управления.

4. Разработана управляемая имитационная модель выбора стратегий управления запасами с включенными алгоритмами поисковой оптимизации.

5. Разработана SADT-модель автоматизированной системы управления запасами с формальным описанием входных и выходных данных, входов по управлению, а также механизмов и подчиненных активностей.

6. Разработана база данных управления запасами промышленного объединения, построенная на основе категорной нумерационной доменно-ориентированной модели данных, что обеспечивает простую структуру отношений связи и доменов.

7. Разработан программно-моделирующий комплекс поддержки принятия решений процесса управления запасами на дискретно-событийных имитационных моделях.

8. Разработанные методы, алгоритмы и программы прошли апробацию и внедрены для практического применения на ряде промышленных предприятий, а также используются в учебном процессе на кафедре АСУ МАДИ(ГТУ).

Публикации по теме диссертационной работы

1. Яшуков А.В. Математические модели и методы управления запасами на промышленном предприятии. Методы прикладной информатики и коммуникационные технологии в автоматизации и управлении: сб. науч. тр. МАДИ (ГТУ). – М., 2006. Ч.2. –С.22-32.

2. Яшуков А.В. Открытая гибридная система автоматизированной поддержки принятия решений. / Баринов К.А. Белянский Д.В., Цибизов Г.П.// Инновационные технологии в промышленности, строительстве и образовании: сб. науч. тр. МАДИ (ГТУ). – М., 2007, –С.75-86.

3. Яшуков А.В. Принятие решения при выборе альтернатив развития предприятия промышленного комплекса. / Баринов А.П., Саакян И.Э. // Методы прикладной информатики в автомобильно-дорожном комплексе: сб. науч. тр. МАДИ(ГТУ),). – М., 2007. –С.71-74.

4. Яшуков А.В. Модели управления цепочками поставок на предприятиях с распределенной структурой. / А.Б.Николаев, А.П. Баринов, А.М.Ивахненко // Организационно-управляющие системы на транспорте и в промышленности: сб.науч. тр. МАДИ(ГТУ). – М., 2007. –С.111-117.

5. Яшуков А.В. Обобщенный алгоритм формирования цепочек поставок / А.П. Баринев, О.Л.Снеткова // Организационно-управляющие системы на транспорте и в промышленности: сб.науч. тр. МАДИ(ГТУ). – М., 2007. –С.118-123.

6. Яшуков А.В. Система автоматизации оценивания показателей качества технологических процессов / А.Б.Чубуков, С.С.Гоголин, Р.П.Лукашук // Вестник МАДИ(ГТУ),). – М., вып. 4 (15), 2008. –С.108-112.

7. Яшуков А.В. Моделирование процессов управления запасами на промышленном предприятии // Программно-математические методы и средства автоматизации и управления в промышленности и образовании: сб.науч. тр. МАДИ(ГТУ). – М., 2009. –С4-11.

Подписано в печать 05.03. 2009 г

Формат 60x84x16

Усл.печ.л. 1,0

Тираж 100 экз. Заказ № 11

"Техполиграфцентр"

Россия, 125319, г. Москва, ул. Усиевича, д. 8 а.

Тел/факс: 8 (499) 152-17-71

Тел. : 8-916-191-08-51