МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н.Е. ЖУКОВСКОГО
«ХАРЬКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ»

Ю.И. ТОЛУЕВ, С.И. ПЛАНКОВСКИЙ

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИМУЛЯЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Курс лекций

2009

УДК 65.012.34:004.94

Рецензент: д.т.н. проф. В.С. Харченко

Моделирование и симуляция логистических систем / Ю.И. Толуев, С.И. Планковский / – Курс лекций для высших технических учебных заведений. – Киев: «Миллениум», 2009. – 85 с.

Изложены базовые понятия моделирования и симуляции логистических систем. Проанализированы методы и инструменты симуляции. Показаны виды логистических потоков и их моделирование. Рассмотрены виды логистических систем. Разобрано планирование и руководство экспериментами по симуляции. Приведены способы визуализации результатов симуляции.

Лекционный курс соответствует программе дисциплины «Моделирование и симуляция логистических систем», подготовленной для магистров и аспирантов в рамках проекта Tempus 27300-2006 “Logistics for Aviation Engineering: Curriculum and Training Center”. Этот проект, финансируемый Европейским союзом по программе Tempus, посвящен разработке и внедрению учебных курсов для подготовки магистров по направлению логистики авиационного производства.

Книга ориентирована на специалистов в области разработки информационных систем, их компонентов, других объектов, где возможно системное применение информационных технологий в логистике. Она может быть полезна студентам университетов, обучающихся по направлению логистики.

© Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт», 2009

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 4
1. МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ 9
1.1. Моделирование логистических систем 9
1.2. Объекты моделирования 12
1.3. Виды деятельности в логистике и задачи моделирования 14
1.4. Методы моделирования 18
1.5. Моделирование бизнес-процессов 28
1.6. Оценка методов моделирования 36
2. МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ СИМУЛЯЦИИ 38
2.1. Симуляция как метод 38
2.2. Применение имитационного моделирования в логистике 40
2.3. Модель системы внутризаводского транспорта 46
2.4. Модель системы поставок комплектующих 48
3. СТОХАСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ 50
3.1. О теории случайных процессов 50
3.2. Виды логистических потоков и их моделирование 51
4. ДИАГРАММЫ ПОТОКОВ, МОДЕЛИ ОЧЕРЕДЕЙ ОЖИДАНИЯ И СЕТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ 57
4.1. Понятие логистической системы 57
4.2. Виды логических систем 58
4.3. К теории очередей 61
5. ПЛАНИРОВАНИЕ И РУКОВОДСТВОЭКСПЕРИМЕНТАМИ ПО СИМУЛЯЦИИ 65
6. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СИМУЛЯЦИИ 72
6.1. Мотивация и цели моделирования потоков данных в системах оперативной логистики 72
6.2. Информационная модель объектов и процессов в сети поставок 76
6.3. Сбор и интерпретация данных о процессах оперативной логистики 81
Заключение 82
Литература 84

ВВЕДЕНИЕ

Понятие «логистика» пришло из Древней Греции, где оно означало «мышление, расчет, целесообразность». От греков этот термин перешел к римлянам, которые понимали его как «распределение продуктов питания». В Византии логистику считали способом организации снабжения армии и управления ею. Французский ученый А. Жомини в начале XIX в., а за ним Военный энциклопедический лексикон (СПб., 1850) трактовали логистику как науку об управлении перевозками, планировании и снабжении войск. В начале XX в. логистика была признана как военная наука. В 60-х гг. XX в. из концепции маркетинга выделился круг проблем, связанных с обеспечением процесса производства материальными ресурсами. Причина обособления этих проблем объясняется значительным ростом в фирмах затрат на содержание запасов и транспортирование продукции. Поэтому фирмы начинают проводить исследования в области продвижения материалопотока в каналах распределения, сокращения затрат на содержание запасов и транспортирование продукции. На основании полученных результатов по решению этих проблем сформировалась новая наука в экономике – логистика.

Логистика в настоящее время широко используется во всем мире, и, как считают многие экономисты, без решения логистических задач трудно победить в конкурентной борьбе. Логистика – это отчасти мастерство, отчасти теоретические знания и практические навыки, а также интуитивный подход к решению стратегических задач и проблем в области продвижения продукции от поставщика к потребителю. Проще говоря, логистика – это наука и искусство управления материалопотоком. Управлять материалопотоком – это значит выполнять основные функции менеджмента: планирования, организации, мотивации и контроля за его продвижением. Процесс продвижения продукции вызывает различные виды деятельности учреждений, фирм и предприятий. Поэтому трактовок понятия логистики множество. Существует несколько десятков определений логистики. Это оправдано, так как на любой стадии продвижения материалопотока мы имеем дело с логистикой различного типа. Например, если мы имели дело с материальным обеспечением фирмы, то это будет снабженческая логистика, с распределением (сбытом) – распределительная логистика и т. д.

Будем придерживаться следующего определения, рассматриваемой дисциплины: «Логистика – это система способов и методов эффективного управления товарными потоками с целью обеспечения наименьших издержек и высокого уровня организации и осуществления процессов снабжения, управления товарным рынком, производства и сбыта, включая и послепродажное обслуживание».

В своей практической деятельности предприятия, фирмы и компании используют различные логические системы:

− система поставки «точно в срок» (Just in time) – производится и перевозится только то, что необходимо в данный момент времени (резко сокращаются страховые запасы);

− система «канбан» – система, обеспечивающая все производственные участки, включая конечную сборку, именно тем количеством сырья и материалов, которые действительно необходимы для выпуска только запланированного количества продукции;

− планируемая система доставки (SDP – System Delivery Planning) – это усовершенствованная система «точно в срок»;

− система DRP (Distribution Reguirements Planning) – система управления распределением. Главное в ней – строгий контроль за состоянием запасов точки заказа, формированием производства, снабжения, сбыта и перевоза;

− система LRP (Logistic Reguirements Planning) – это система планирования и контроля входного, внутреннего и выходного материалопотока на уровне предприятия;

− система быстрого реагирования (ORM – Quick Response Method) – система планирования и регулирования поставок на предприятия оптовой и розничной торговли.

Концепция (принцип) логистической системы связана с управлением материалами и управлением распределения. В логистической системе все виды деятельности взаимосвязаны, и при принятии решения должны быть учтены отрицательные и положительные стороны различных функциональных областей. Логистическая система может работать как внутри производства, осуществляя внутрипроизводственные перевозки, так и в сфере обращения, связывая экономические районы, поставщиков и потребителей.

Основные методологические принципы логистики.

Современная теория логистики в концептуальном плане базируется на: методологии системного анализа; кибернетического подхода; исследования операций; экономико-математического моделирования.

На разных экономических уровнях для решения конкретных проблем используются различные методы, в том числе программно-целевого планирования, функционально-стоимостного анализа, макро- и микроэкономики, прогнозирования, моделирования и т. п.

Научную базу логистики составляют:

− математика (теория вероятностей, математическая статистика, теория случайных процессов, математическая теория оптимизации, функциональный анализ, теория матриц, факторный анализ и др.);

− исследование операций (оптимальное программирование, теория игр, теория статистических решений, теория массового обслуживания, теория управления запасами, теория сетей и графов и др.);

− техническая кибернетика (теории больших систем, прогнозирования, общая теория управления, теории автоматического

регулирования, идентификации, информации и др.);

− экономическая кибернетика и экономика (теория оптимального планирования, методы экономического прогнозирования, маркетинг, системный анализ экономики, стратегическое и оперативное планирование, оптимальное ценообразование, имитационное моделирование, всеобщее управление качеством, управление персоналом, дистрибуция, организация продаж, предпринимательство, финансы, бухгалтерский учет, управление проектами, управление инвестициями, социальная психология, экономика и организация транспорта, складского хозяйства, торговли и др.).

Сложность и многообразие комплекса экономических и математических научных дисциплин, находящихся на стыке экономики, математики и кибернетики, обусловили следующие главные принципы логистики:

1. *Системный подход*. Проявляется в рассмотрении всех элементов логистической системы, зачастую разнокачественных и разнородных, как взаимосвязанных и взаимодействующих для достижения единой цели управления. Отличительная особенность такого подхода - оптимизация функционирования не отдельных элементов, а всей логистической системы в целом.

2. *Принцип интегративности*. Характеризует особенность логистической системы достигать целевых результатов на основе количественных и качественных взаимосвязей составляющих ее элементов.

3. *Принцип целостности*. Означает доведение управляющих воздействий до всех структурных элементов логистической системы на основе информационного обеспечения достижения целей функционирования системы. Также означает исходную оценку логистической системы как единого целого, состоящего из взаимодействующих, зачастую разнокачественных и разнородных, но совместимых по ориентации на конечные результаты логистической системы элементов.

4. *Принцип логистической координации*. Означает необходимость достижения согласованного, интегрального участия всех звеньев логистической системы при управлении материальными, информационными и финансовыми потоками в процессе достижения целевой функции.

5. *Принцип тотальной оптимизации*. Заключается в необходимости согласования локальных целей функционирования элементов (звеньев) системы для достижения оптимума всей логистической системы при оптимизации ее структуры или управления ею.

6. *Принцип эффективности*. Предполагает способность логистической системы при данном уровне развития рыночных отношений, производственных технологий и особенностях субъектов этой

системы достичь принципиально возможного минимума логистических издержек.

7. *Принцип общих затрат*. Означает учет всей совокупности издержек управления материальными и связанными с ними информационными и финансовыми потоками в логистической цепи. При этом критерий минимума общих логистических затрат является одним из основных при оптимизации логистических систем.

8. *Принцип конкретности*. Означает четкое определение конечного результата как цели перемещения потока в соответствии с техническими, экономическими и другими требованиями, обеспечивающими осуществление движения с наименьшими издержками всех видов ресурсов.

9. *Принцип устойчивой адаптации*. Логистическая система должна устойчиво работать при допустимых отклонениях параметров и факторов внешней среды (например, при колебаниях рыночного спроса на конечную продукцию, изменениях условий поставки или закупки материальных ресурсов, транспортных тарифов и т. п.). При этом логистическая система должна приспосабливаться к новым условиям, меняя программу функционирования, параметры и критерии оптимизации.

10. *Принцип гибкости*. Позволяет реализовать принцип устойчивой адаптации путем встраивания в логистическую систему механизмов, дающих возможность прогнозировать тенденции изменения состояния внешней экономической среды и вырабатывать адекватные им действия.

11. *Принцип комплексности*. Предполагает осуществление контроля за выполнением задач, стоящих перед различными логистическими структурами непосредственных и опосредованных участников движения ресурсов и продуктов, составляющими единую логистическую цепь в целях координации их действий.

12. *Принцип формирования инфраструктуры*. Означает требование обеспечения логистического процесса технической, экономической, организационной, правовой, кадровой, экологической подсистемами.

13. *Принцип надежности*. Означает обеспечение безотказности и безопасности движения потоков, резервирование коммуникаций и технических средств для изменения при необходимости траектории движения потока; широкое использование современных технических средств перемещения и управления движением; повышение скорости и качества поступления информации и улучшение технологии ее обработки.

14. *Принцип конструктивности*. Предусматривает обеспечение диспетчеризации потока, а также оперативной корректировки его движения и тщательное выявление деталей всех операций производственно-сбытовой деятельности с целью непрерывного отслеживания перемещения и изменения каждого объекта потока.

15. *Принцип всеобщего управления качеством*. Требует обеспечения надежности функционирования и высокого качества работы каждого

элемента логистической системы для обеспечения общего качества товаров и услуг, поставляемых конечным потребителям.

16. *Принцип превентивности*. Обеспечивает нацеленность логистического управления главным образом на предупреждение отклонений, диспропорций, а не только на поиск возможного устранения их отрицательных последствий.

1. МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

1.1. Моделирование логистических систем

Исследование и прогнозирование поведения логистических систем на практике осуществляется посредством экономико-математического моделирования, т. е. описания логистических процессов в виде моделей.

Под моделью в данном случае понимается отображение логистической системы (абстрактное или материальное), которое может быть использовано вместо нее для изучения ее свойств и возможных вариантов поведения.

При построении таких моделей необходимо соблюдать следующие требования:

− поведение, структура и функции модели должны быть адекватны моделируемой логистической системе;

− отклонения параметров модели в процессе ее функционирования от соответствующих параметров моделируемой логистической системы не должны выходить за рамки допустимой точности моделирования;

− результаты исследования модели и ее поведения должны выявить новые свойства моделируемой логистической системы, не отраженные в исходном материале, использованном для составления данной модели;

− модель должна быть более удобней, чем ее реальный аналог – логистическая система.

Соблюдение этих требований позволяет реализовать качественно новые возможности моделирования, а именно:

− проведение исследования на этапе проектирования логистической системы для определения целесообразности ее создания и применения;

− проведение исследования без вмешательства в функционирование логистической системы;

− определение предельно допустимых значений объемов материальных потоков и других параметров логистической системы без риска разрушения моделируемой системы.

Все модели логистических систем делятся на два класса: *изоморфные* и *гомоморфные*.

Изоморфные модели представляют собой полный эквивалент всем морфологическим и поведенческим особенностям моделируемой системы и способны полностью заменить ее. Однако построить и исследовать изоморфную модель практически невозможно вследствие неполноты и несовершенства знаний о реальной системе и недостаточной адекватности методов и средств такого моделирования.

Поэтому практически все модели, используемые в логистике, являются гомоморфными, которые представляют собой модели, подобные отображаемому объекту лишь в отношениях, характерных и важных для процесса моделирования. Другие аспекты строения и функционирования

при гомоморфном моделировании игнорируются.

Гомоморфные модели делятся на *материальные* и *абстрактно-концептуальные.*

Материальные модели находят в логистическом управлении ограниченное применение, что связано с трудностью и дороговизной воспроизведения на такого рода моделях основных геометрических, физических и функциональных характеристик оригинала и крайне ограниченными возможностями варьирования их в процессе работы с моделью.

Поэтому для логистики в основном используются абстрактно-концептуальные модели, которые подразделяют на *символьные* и *математические*.

Символьные модели построены на основе различных, определенным образом организованных знаков, символов, кодов, слов или массивов чисел, изображающих исследуемый оригинал. Для построения подобных моделей используются такие символы или коды, которые однозначным, не допускающим возможности различного толкования образом, представляют моделируемые структуры и процессы. Например, для языкового описания моделей используются специальным образом построенные словари (тезаурусы), в которых в отличие от обычных толковых словарей каждое слово имеет только одно определенное значение.

Информацию, полученную с помощью использования символьных моделей, неудобно обрабатывать (хотя это и возможно) для дальнейшего использования в системах логистического управления. Поэтому наибольшее распространение в процессе создания и эксплуатации систем логистического управления получили математические модели. Математическое моделирование бывает *аналитическое* и *имитационное*.

Особенностью аналитических моделей является то, что закономерности строения и поведения объекта моделирования описываются в приемлемой форме точными аналитическими соотношениями. Эти соотношения могут быть получены как теоретически, так и экспериментально. Теоретический подход применим только для простых компонентов и систем, допускающих сильное упрощение и высокую степень абстракции. Кроме того, затруднена проверка адекватности полученного аналитического описания, поскольку поведение моделируемого объекта заранее не определено, а как раз и должно быть выяснено в результате моделирования. Для определения этого поведения и составляется данное аналитическое описание. Аналитическое описание может быть определено также путем проведения экспериментов над исследуемым объектом. Более универсальным подходом обладает имитационное моделирование.

Имитационная модель – это компьютерное воспроизведение развертывания во времени функционирования моделируемой системы, т. е. воспроизведение ее перехода из одного состояния в другое,

осуществляемое в соответствии с однозначно определенными операционными правилами.

На ЭВМ имитируется течение управляемого процесса с последующим анализом результатов моделирования для выбора окончательного решения.

Имитационные модели относятся к классу описательных моделей. При этом машинная имитация не ограничивается разработкой лишь одного варианта модели и одноразовой ее эксплуатацией на ЭВМ. Как правило, модель модифицируется и корректируется: варьируются исходные данные, анализируются различные правила действия объектов. Испытания модели осуществляются таким образом, чтобы проверить и сравнить между собой различные структурные варианты логистических систем. Имитация завершается проверкой полученных результатов и выдачей рекомендаций для практического внедрения.

Имитационные модели широко применяются для прогнозирования поведения логистических систем, при проектировании и размещении предприятий, для обучения и тренировки персонала и т. д.

Описание в виде математических моделей экономических (логистических) процессов производится экономико-математическими методами. Алгоритмические методы позволяют реализовать модели, в которых устанавливают связи между входными и выходными параметрами описываемого компонента, скоростями их изменения и скоростями изменения этих скоростей (т. е. ускорениями).

Эти методы разделяют на *экономико-статистические* и *эконометрические*.

Первые используют описания характерных элементов, основанные на математической и экономической статистике. Вторые базируются на математическом описании происходящих экономических процессов. Например, общий фонд заработной платы однозначно математически связан с числом работающих и их распределением по разрядам.

Эвристические методы представляют собой не правила преобразования некоторых исходных положений, а набор типовых решений, обеспечивающих пусть и не оптимальную, но вполне работоспособную процедуру получения описаний, пригодных для дальнейшего построения моделей.

Эвристические методы делятся на методы исследования операций и методы экономической кибернетики. Последние, в свою очередь, подразделяются на методы теории экономических систем и моделей, методы теории экономической информации и методы теории управляющих систем.

Экономико-математическая модель – это математическая модель исследуемого экономического объекта (системы, процесса), т.е. математически формализованное описание исследуемого экономического объекта (системы процесса), отражающее характер, определенные существенные свойства реального экономического объекта и процессов,

протекающих в нем.

Основным для исследования экономико-математической модели является ее целевая функция. Экстремальному значению данной функции для конкретной модели соответствует наилучшее управленческое решение для моделируемого объекта. Описаниями подобной модели являются также ограничения значений ее параметров, которые задаются в виде системы равенств и неравенств. Таким способом формализуются те или иные свойства моделируемого компонента.

1.2. Объекты моделирования

На рис.1 представлены всевозможные объекты моделирования, для исследования которых применимы методы, описанные в предыдущем разделе. В контексте данного курса объектами моделирования являются логистические системы.

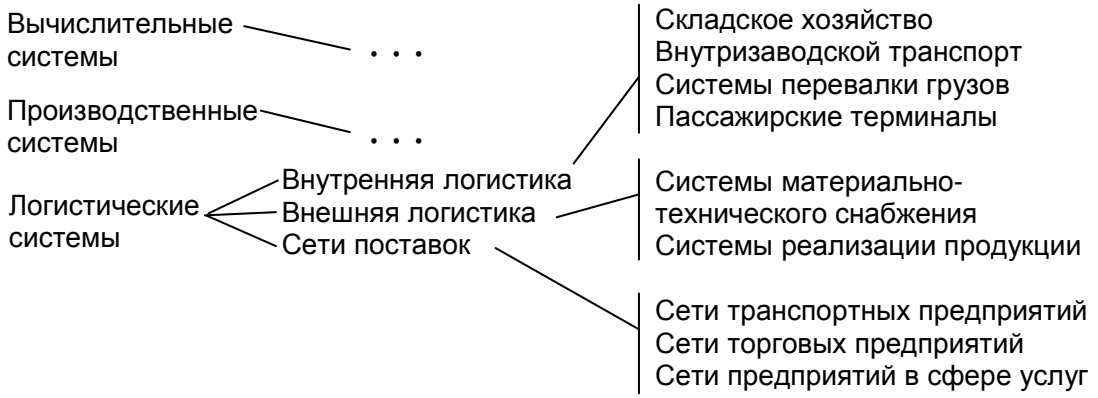


Рисунок 1. Объекты моделирования

Логистическую систему принято рассматривать как композицию следующих компонент:

- внутренняя логистика;
- внешняя логистика;
- сети поставок.

Взаимодействие компонент логистической системы представлено на рис. 2.

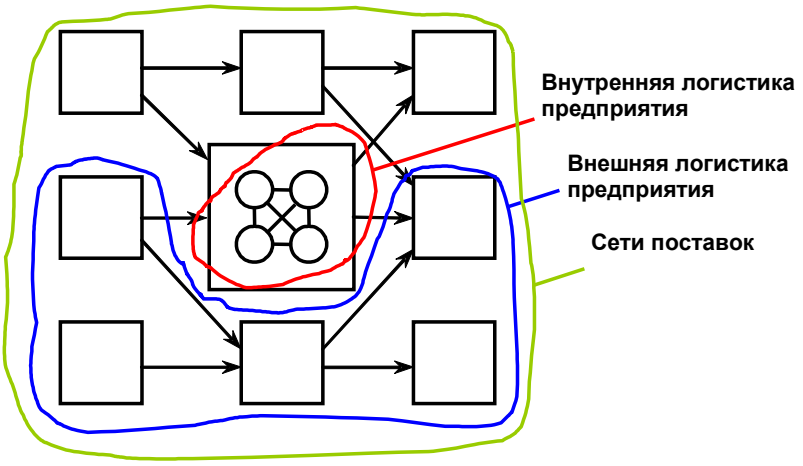


Рисунок 2. Взаимодействие компонент логистической системы

Рассмотрим примеры представления компонентов логистической системы (рис. 3 - 5).

Внутренняя логистика. На рис. 3 представлена диаграмма организации внутренней логистики предприятия на примере схемы материальных потоков логистического центра на Baltic Container Terminal. На диаграмме пунктирными стрелками обозначены основные направления перевозок грузов автомобильным транспортом, жирными стрелками – контейнерные перевозки. Особенностью внутренней логистики является локальное размещение всех вовлеченных в этот процесс подразделений предприятия.

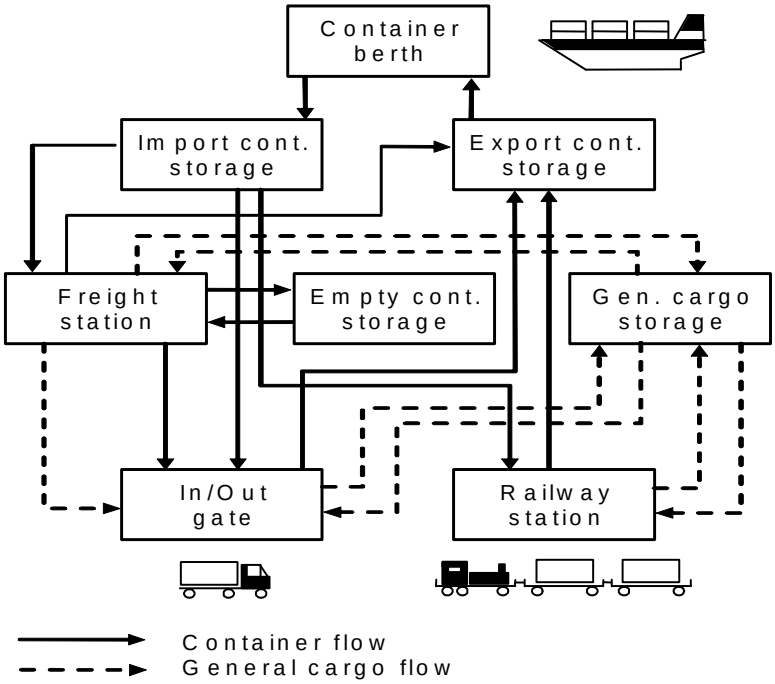


Рисунок 3. Внутренняя логистика: Baltic Container Terminal

Внешняя логистика представлена на примере концепции системы снабжения сборочного предприятия рис.4.

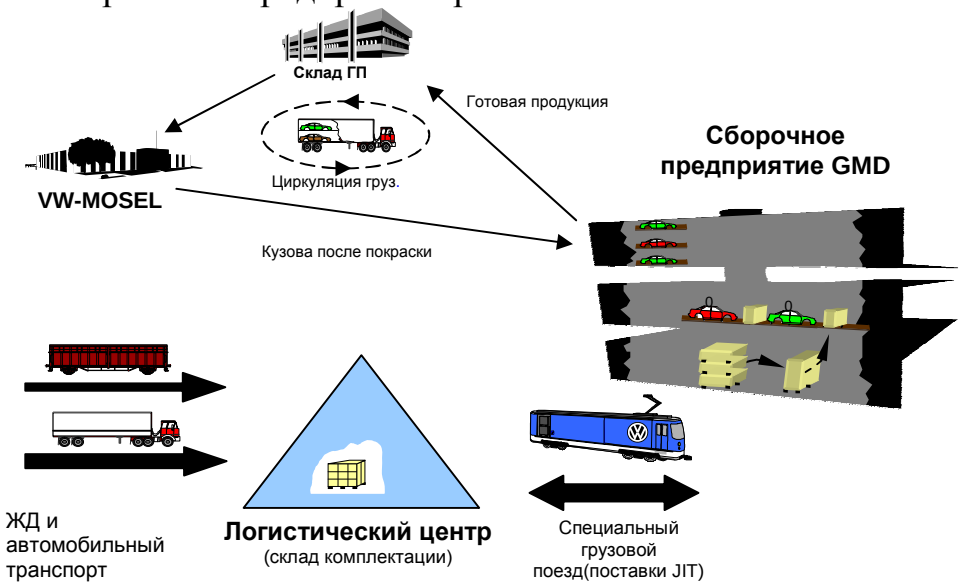


Рисунок 4. Внешняя логистика: концепции системы снабжения сборочного предприятия

Сеть поставок. На рис. 5 представлен пример изображения сети поставок. Для сетей поставок характерен глобальный (распределенный) характер расположения элементов системы. Все связи между элементами системы обозначены условно, без уточнения механизмов реализации.

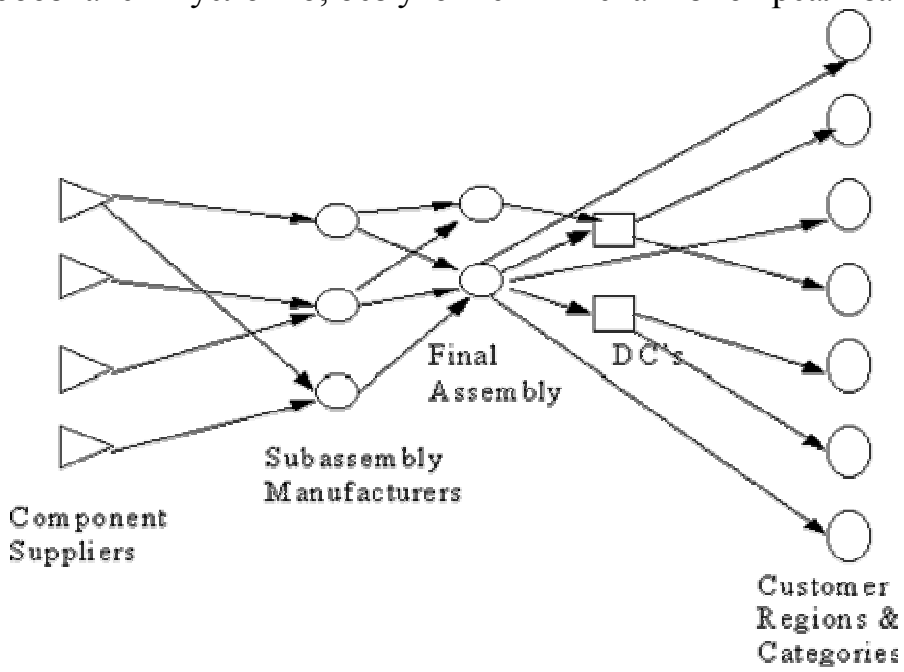


Рисунок 5. Сеть поставок

Моделирование сети поставок. Современные концепции и стратегии в области управления сетями поставок:

- SCM (Supply Chain Management;
- ECR (Efficient Consumer Response);
- CD (Cross-Docking);
- CR (Continuous Replenishment);
- AR (Automatic Replenishment);
- QR (Quick Response);
- VMI (Vendor Managed Inventory).

1.3. Виды деятельности в логистике и задачи моделирования

Рассмотрим виды деятельности в логистике, поддерживаемые с помощью анализа и моделирования процессов:

- проектирование и модернизация (реинжиниринг);
- логистический контроллинг;
- логистический аудит;
- логистический консалтинг;

Логистический контроллинг

Термин "контроллинг" произошел от английского глагола "control", который для данного случая лучше перевести как "регулировать".

По сегодняшним представлениям контроллинг представляет собой функцию управления предприятием, в рамки которой, однако, не входит принятие самостоятельных решений, но которая основательно готовит

принятие оперативных и стратегических решений.

Термин "контроллинг", придя в Украину с Запада, становится все более популярным не только в области экономических научных исследований, но и в практической деятельности российских компаний. Существует ряд трактовок данного термина, различные точки зрения и концептуальные подходы к контроллингу.

Логистический аудит

Логистический аудит – проводимая независимой стороной беспристрастная оценка всех аспектов цепи поставок компании, включая взаимоотношения с поставщиками и клиентами, планирование, процедуры, документооборот, логистическую инфраструктуру, контроль за качеством и соответствием затрат на логистику местным рыночным условиям.

Логистический аудит раскрывает источники избыточных логистических затрат и разрабатывает план оптимизации логистической функции путем улучшения функциональной эффективности, управления логистической системой предприятия, интеграции и тесного взаимодействия звеньев цепи поставок (рис. 6).

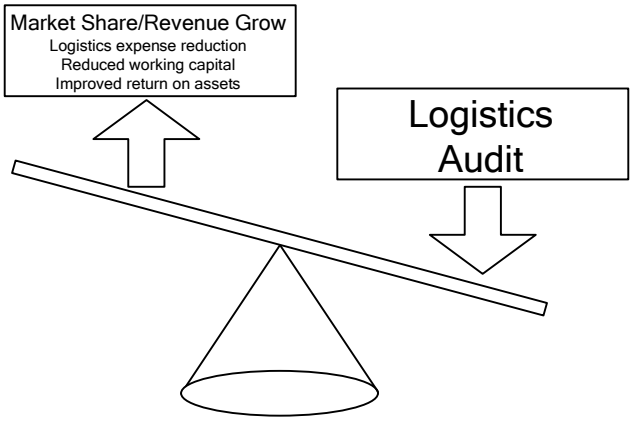


Рисунок 6. Задачи логистического аудита

Логистический консалтинг

Базовые функции логистического консалтинга:

− анализ текущей ситуации у клиента в области информационной и производственной логистики;

− разработка законченных схем организации наиболее оптимальных информационных и производственных логистических потоков с учетом особенностей и потребностей клиента;

− составление финансово-аналитических отчетов, а также расчетов и калькуляции затрат в области логистики, приходящихся на единицу продукции;

− предоставление информационно-аналитической информации о рыночной ситуации в области логистики;

− разработка наиболее оптимальных и эффективных организационных структур отделов логистики под потребности клиента, определение функциональных связей, зон ответственности и полномочий;

− предоставление консультаций, а также толкований законодательной базы, в том числе международной;

− разработка оптимальных схем транспортировки и условий перевозки внешнеторговых грузов;

− планирование перевозок;

− расчет тарифных ставок на перевозки грузов, в том числе сквозных, на стадии заключения контрактов;

− консультации по оптимизации транспортных расходов и подготовке транспортных документов при заключении контрактов.

Основной цель анализа логистической системы является оценка показателей функционирования (рис. 7).

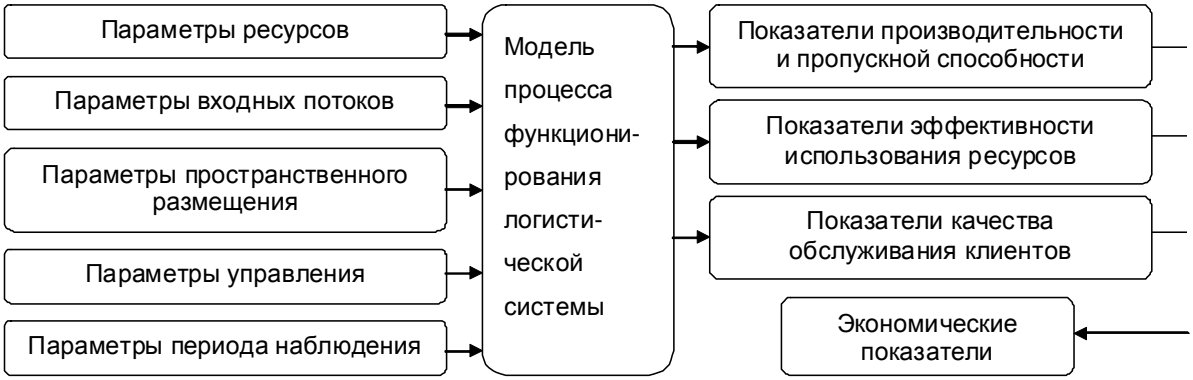


Рисунок 7. Цели анализ логистической системы

Пример процессов внешней и внутренней логистики дистрибуционного центра

Процессы внешней логистики:

− перевозка товаров от поставщиков до «первого» (центрального, таможенного, оптового, территориального и т.п.) склада;

− перевозка товаров между складами системы распределения;

− перевозка товаров со складов системы распределения в пункты продажи.

Процессы, связанные с приёмкой товара и загрузкой склада:

− разгрузка транспортного средства;

− распаковка, идентификация, контроль качества товара и перегрузка его в другую тару;

− транспортировка товара с помощью мобильных средств (вилочных погрузчиков и т.п.) или с помощью стационарных средств (различного вида кранов и транспортёров);

− размещение товара в зоне хранения склада.

Процессы, связанные с выгрузкой склада и отправкой товара:

− отбор товара в зоне хранения склада;

− транспортировка товара с помощью мобильных средств (вилочных погрузчиков и т.п.) или с помощью стационарных средств (различного вида кранов и транспортёров);

− комплектация, упаковка и размещение товара в таре для транспортировки;

− погрузка товара на транспортное средство.

Задачи анализа внешней логистики дистрибуционного центра:

− могут ли быть с достаточной точностью реализованы такие характеристики потоков транспортных средств и грузов (распределение моментов прибытия транспортных средств, распределение типов и объёмов грузов), на которые с самого начала ориентируется проект ДЦ;

− являются ли достаточными ресурсы транспортных систем, обеспечивающих выполнение функций внешней логистики для создаваемого ДЦ;

− являются ли достаточно эффективными алгоритмы диспетчеризации и маршрутизации, применяемые в транспортных системах;

− насколько велики размеры затрат, связанных с транспортировкой и перевалкой товаров на всех этапах процесса закупки и распределения.

Задачи анализа внутренней логистики дистрибуционного центра:

− является ли достаточной общая пропускная способность технических средств склада в направлении загрузки и выгрузки склада, т.е. будет ли обеспечена возможность обслужить с достаточной эффективностью потоки транспортных средств и грузов, определяемых процессами внешней логистики ДЦ;

− каковыми являются граничные значения интенсивностей входных потоков складского объекта, после превышения которых начинается образование недопустимо длинных очередей транспортных средств, ожидающих обслуживания;

− какие фрагменты системы внутренней логистики ДЦ в первую очередь определяют общую пропускную способность, т.е. претендуют на роль “узкого места”;

− возникают ли очереди (заторы) из транспортируемых единиц груза в автоматической системе перемещения грузов, прежде всего, на транспортёрах;

− являются ли достаточными ресурсы, состоящие из мобильных средств перемещения грузов (например, максимально доступное число вилочных погрузчиков, используемых для разгрузки транспортных средств);

− являются ли эффективными алгоритмы управления автоматической системы перемещения грузов и стратегии использования пространства зоны хранения склада;

− является ли достаточной ёмкость пространства зоны хранения склада и ёмкости буферных пространств, например, в зонах приемки и отправки товаров;

− как может и/или должен измениться процесс функционирования склада при проведении плановых ремонтов и реконструкций, а также при возникновении аварийных ситуаций.

1.4. Методы моделирования

Классификация методов математического моделирования представлена на рис. 8.

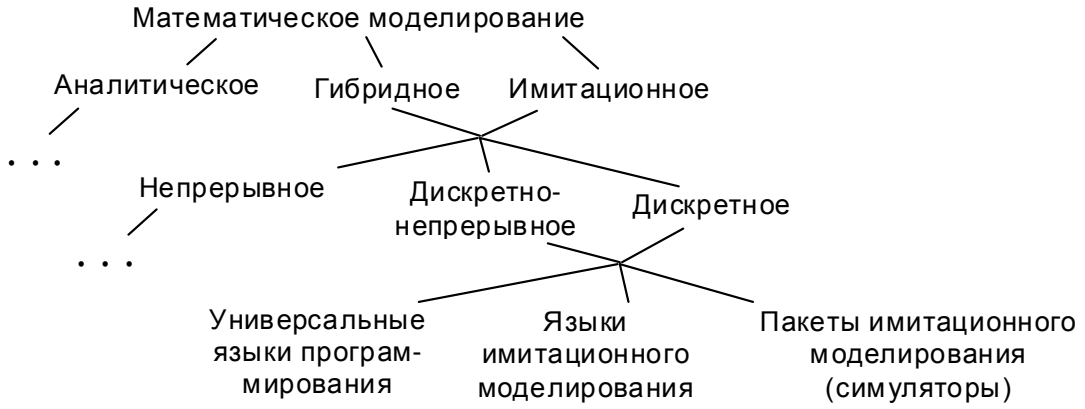


Рисунок 8. Классификация методов математического моделирования

Методы моделирования логистических процессов:

1. Графические концептуальные и дескриптивные модели.

− Референтные модели (SCOR);

− Модели бизнес-процессов на базе языков и пакетов моделирования (ARIS, UML, IDEF и др.).

2. Аналитические модели исследования операций.

3. Формулы для инженерных расчётов.

4. Модели на базе логистических характеристик и графиков процессов.

5. Имитационные модели систем обработки материальных потоков.

SCOR-модель.

Референтная модель цепи поставок – **Supply Chain Operations Reference model** (SCOR-модель) – была разработана и развивается международным Советом по цепям поставок (Supply Chain Counsil, сокращенно – SCC) в качестве межотраслевого стандарта управления цепями поставок (рис. 9). Совет по цепям поставок был создан в 1996 году как независимая некоммерческая организация; на сегодняшний день в него входят уже 800 ведущих компаний мира, среди которых производители, дистрибуторы, провайдеры логистических услуг, разработчики программного обеспечения.

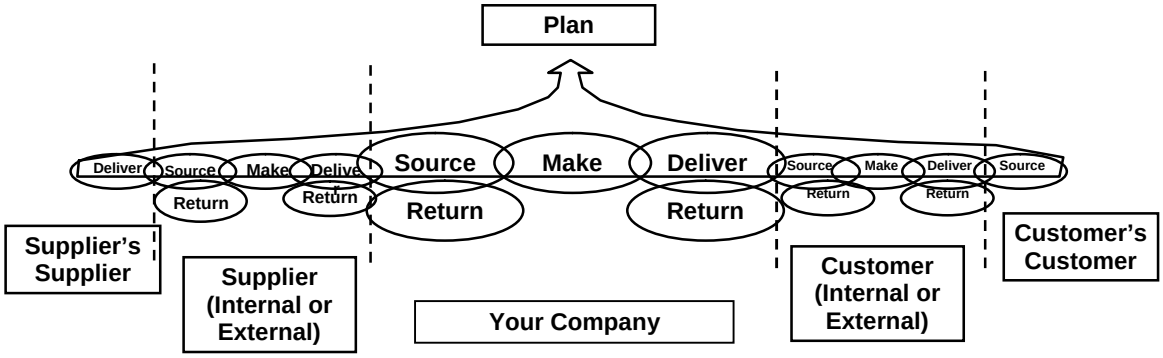


Рисунок 9. SCOR-модель

Plan.

В рамках этого процесса определяются источники поставок, производится обобщение и расстановка приоритетов в потребительском спросе, планируются запасы, определяются требования к системе дистрибуции, а также объемы производства, поставок сырья/материалов и готовой продукции.

Задача MoB (“Make or Buy” – самостоятельно или покупать) должна решаться в этом разделе. Решения, относящиеся ко всем видам планирования ресурсов и мощности и относящиеся к управлению жизненным циклом товара, принимаются также на этой стадии.

Source.

В рамках этого процесса определяются ключевые элементы управления снабжением. Определяются различные процедуры, такие как оценка и выбор поставщиков, проверка качества поставок, заключение контрактов с поставщиками. Все процедуры, связанные с получением материалов: приобретение, получение, транспортировка, входной контроль, постановка на hold (хранение до оприходования) и оприходование.

Make.

К этому процессу относятся производство, выполнение и управление структурными элементами “make”. Здесь определяются специфические процедуры производства: собственно производственные процедуры и циклы, контроль качества, упаковка, хранение и выпуск продукции (внутризаводская логистика). К структурным элементам процесса “make” относятся технологические изменения, управление производственными мощностями (оборудованием, зданиями и т.п.), производственные циклы, качество производства, график производственных смен и т.п.

Deliver.

Этот процесс состоит из управления заказами, управления складом и транспортировкой.

Управление заказами включает создание и регистрацию заказов, формирование стоимости, выбор конфигурации товара. Создание и ведение клиентской базы, ведение базы данных по товарам и ценам, управление дебиторами и кредиторами также входит в эту область. *Управление складом*. Такие действия, как подборка и комплектация, упаковка, создание специальной упаковки/ярлыка для клиента и отгрузка товаров входят в понятие управление складом в рамках “deliver”. *Управление транспортировкой и доставкой*. Под управлением транспортировкой понимаются управление перевозками. Инфраструктура доставки определяется правилами управления каналами, правилами управления заказами, управлением товарами для доставки и управлением качеством доставки.

Return.

В рамках этого процесса определяются структурные элементы

возвратов (дефектных, излишних, требующих ремонта) как от “make” к “source”, так и от “deliver”: определение состояния продукта, размещение продукта, запрос на авторизацию возврата, составление графика возвратов, направление на уничтожение и переработку.

Пример второго уровня SCOR-модели: категории процессов (рис. 10)

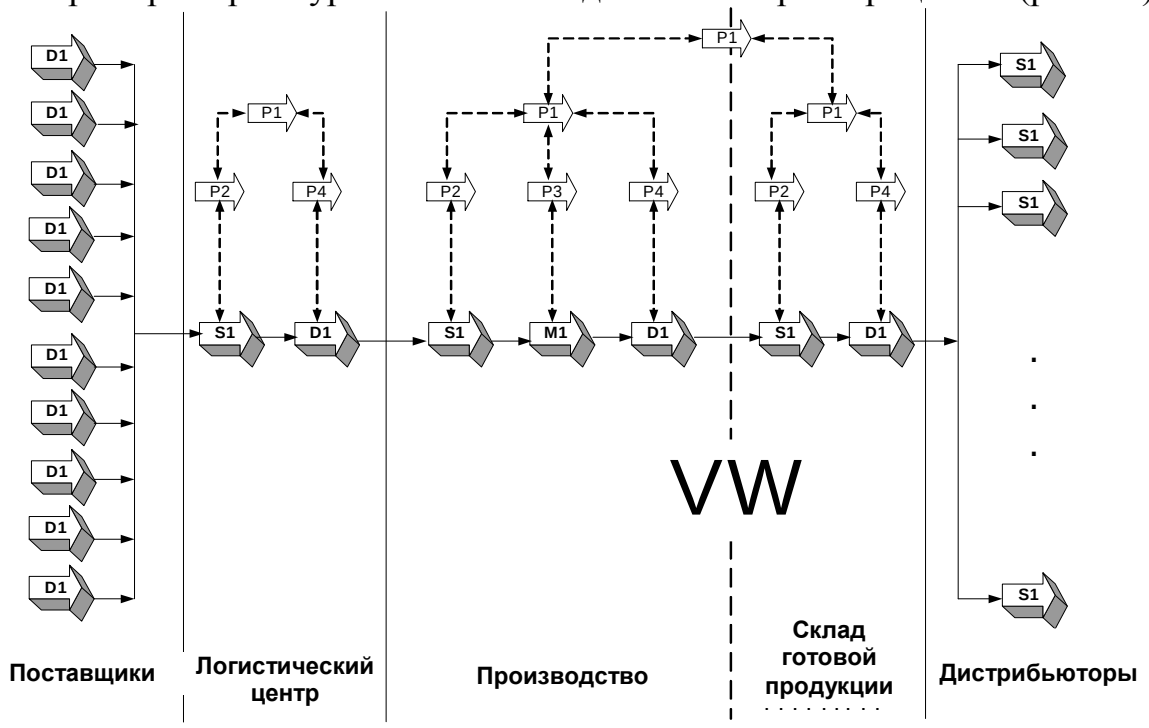


Рисунок 10. SCOR-модель второго уровня

Стандарт и инструменты ARIS

Разработчиком методологии **ARIS** (Architecture of Integrated Information Systems) и одноименной инструментальной среды является германская фирма IDS Prof. Scheer. Считается, что инструменты ARIS занимают лидирующие позиции на мировом рынке в классе средств моделирования и анализа бизнес-процессов (источник - Gartner Group).

ARIS можно использовать как минимум **в двух различных ситуациях**:

− как средство используемое либо при крупномасштабной системной перестройке бизнес-структуры как таковой, либо просто при формировании данной структуры с нуля;

− для всеобъемлющего мониторинга квазистационарных бизнес-процессов организации и для последующей (достаточно ограниченной) оптимизации.

Нотация ARIS **eEPC** расшифровывается следующим образом Extended Event Driven Process Chain – расширенная нотация описания цепочки процесса, управляемого событиями. Нотация разработана – специалистами компании IDS Scheer AG (Германия), в частности профессором Шеером. При помощи нотации eEPC ARIS можно описывать бизнес-процесс в виде потока последовательно выполняемых работ (процедур, функций).

Организация в ARIS рассматривается с четырех **точек зрения**:

− организационной структуры;
− функциональной структуры;
− структуры данных;
− структуры процессов.

При этом каждая из этих точек зрения разделяется еще на три **подуровня**:

− описание требований;
− описание спецификации;
− описание внедрения (реализации).

Для описания бизнес-процессов предлагается использовать около 80 **типов моделей**, каждая из которых принадлежит тому или иному аспекту. В ARIS имеется мощная **репрезентативная графика**, что делает модели особенно удобными для представления руководству.

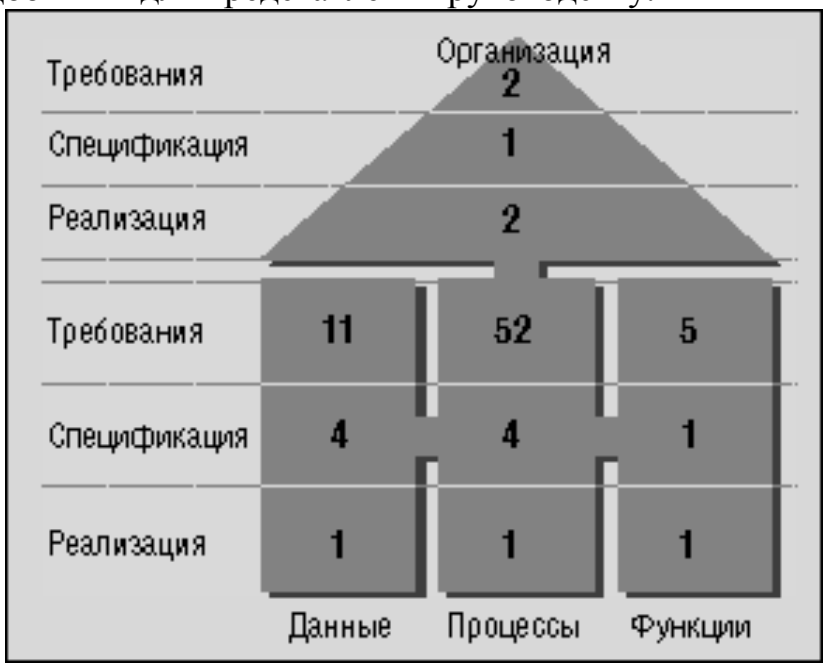


Рисунок 11. Представление ARIS модели

“**Точки зрения**” ARIS - Процессы, Функции (с Целями), Данные, Организация - являются “комнатами”, из которых состоит так называемый **домик ARIS**. Главная “комната” домика ARIS (основной “взгляд”) — Процессы, для моделирования которых предназначено 57 типов моделей из 85.

Понятие **домика ARIS** позволяет не только наглядно представить “взгляды” на моделирование. Домик используется и в процессе моделирования для выбора комплекта моделей, соответствующего “взгляду” и уровню анализа.

Среди большого количества возможных **методов описания** ARIS можно выделить следующие:

− EPC (event-driven process chain) – метод описания процессов, нашедший применение в системе SAP R/3;

− ERM (Entity Relationship Model) – модель сущность-связь для описания структуры данных;

− UML (Unified Modeling Language) – объектно-ориентированный язык моделирования.

Инструменты. ARIS Toolset (ARIS Easy Design) – единая среда моделирования, которая представляет собой совокупность четырех основных компонентов:

− Explorer (Проводник);
− Designer (средство для графического описания моделей);
− Таблиц (для ввода различных параметров и атрибутов);
− Мастеров (Wizards).

ARIS Easy Design ориентирован на сбор информации и документирование, в то время как **ARIS Toolset** является средством для полномасштабного управления проектом и позволяет проводить комплексный анализ введенной информации и семантические проверки. Кроме того, только ARIS Toolset позволяет создавать скрипты (шаблоны) для отчетов, анализа и семантических проверок построенных моделей.

ARIS сопряжена с известными системами управления предприятием (**ERP**), а именно:

− ARIS Link для R/3 позволяет описать структуру R/3 в терминах управления бизнес-процессами, и, кроме того, провести реинжиниринг, то есть, из R/3 загрузить в ARIS текущие описания бизнес-процессов;

− ARIS Analyzer for R/3 – модуль проверки создаваемых моделей на соответствие методологии SAP. В ARIS есть возможность тестирования проекта на соответствие требованиям стандарта качества ISO 9000.

Модули в составе ARIS 6:

− ARIS ABC Analyser;
− ARIS API;
− ARIS BSC;
− ARIS Connectivity for SAP HR;
− ARIS Easy Design;
− ARIS Lotus Notes Connectivity;
− ARIS Server;
− ARIS Simulation module for Toolset;
− ARIS ToolSet;
− ARIS Web Designer ARIS Web Publisher.

Имитационное моделирование бизнес-процессов с помощью ARIS

ARIS Simulation – это модуль ARIS Toolset, применяемый для динамического (во времени) моделирования бизнес-процессов. Цель имитационного моделирования — определение узких мест, таких как несогласованность параллельно выполняемых подпроцессов, нехватка ресурсов для их эффективного выполнения, информационные разрывы.

ARIS – это мощный инструмент, однако, как и любой инструмент он имеет ограниченную область применения. Даже в данной области эффективность его применения зависит от соотношения планируемой выгоды и затрат на внедрение и сопровождение ARIS.

Если соотношение не в пользу применения ARIS, то, возможно, имеет смысл использовать менее тяжеловесные и более дешевые инструменты. Например, разработку и документирование логической и физической структур базы данных можно провести с использованием **ERwin**, бизнес-процессы можно проанализировать с помощью **BPwin**, а анализ и проектирование ПО – с использованием **Rational Rose**.

Инструмент BPwin (All Fusion Process Modeler)

Состав продукта **AllFusion Modeling Suite** фирмы Computer Associates:

− AllFusion Process Modeler (ранее носивший название BPwin) – средство моделирования бизнес-процессов;

− AllFusion ERwin Data Modeler (ранее называвшийся ERwin) – средство моделирования данных, являющееся самым популярным в мире в этой категории продуктов;

− AllFusion Data Model Validator (бывший ERwin Examiner) – средство проверки корректности моделей данных и их соответствия правилам нормализации;

− AllFusion Model Manager (бывший ModelMart) – серверный продукт, обеспечивающий коллективную работу пользователей ERwin и/или BPwin над моделями;

− AllFusion Component Modeler (бывший Paradigm Plus) – средство моделирования компонентов программного обеспечения.

Современные средства моделирования процессов организации – системы автоматизированного проектирования моделей посредством CASE-технологий (Computer-Aided Software Engineering). Данные системы позволяют строить модели процессов, проводить их взаимоувязку, разбивать на составляющие процессы.

В качестве такого средства используется также и программный продукт All Fusion Process Modeler (ранее известный как BPwin) фирмы Computer Associates. От инструментов подобного типа BPwin выгодно отличается тем, что поддерживает помимо IDEF0 методологии DFD и IDEF3 и тесно интегрируется с другими программными продуктами:

− с широко известным инструментом моделирования данных ERwin (Platinum Technology inc.);

− ситемой управления и хранения проектов ModelMart (Platinum Technology inc.);

− специализированным генератором отчетов по модели RPTwin (Platinum Technology inc.);

− системой имитационного моделирования BPSimulator (System Modeling Corporation);

− инструментом стоимостного анализа EasyABC (ABC Technologies).

Функциональность BPwin заключается не только в рисовании диаграмм, но и в проверке целостности и согласованности модели. BPwin обеспечивает логическую четкость в определении и описании элементов

диаграмм, а также проверку целостности связей между диаграммами.

BPwin имеет широкие возможности по представлению диаграмм. Графическое представление модели может быть изображено при помощи различных цветов, шрифтов и прочих параметров представления, которые выделяют важные или, наоборот, тушируют незначительные аспекты модели.

Одним из важнейших средств BPwin является **генератор отчетов**. На деле, генератор отчетов RPTwin представляет собой автономный продукт, который поставляется с некоторыми продуктами CA/Logic Works, и позволяет генерировать подробные и многогранные отчеты по модели. Вместе с BPwin устанавливается **набор стандартных отчетов**, которые позволяют осветить модель с различных сторон.

Среда моделирования BPwin

Диаграммы потоков данных (Data flow diagramming, DFD) используются для описания документооборота и обработки информации. Подобно IDEF0, DFD представляет модельную систему как сеть связанных меж собой работ. Их можно использовать как дополнение к модели IDEF0 для более наглядного отображения текущих операций документооборота в корпоративных системах обработки информации. DFD описывают функции обработки информации, документы, объекты, а также сотрудников или отделы, которые участвуют в обработке информации.

Синтаксис DFD включает помимо работ и стрелок дополнительные элементы: внешнюю сущность, которая служит для изображения внешних по отношению к проектируемой системе объектов (например, клиент, отдел кадров, справочники), и хранилище данных - "склад" информационных объектов. Хранилищем данных может быть база данных, файл или архив бумажных документов. Хранилище данных – это как бы «замороженные» данные, позволяющие отобразить отсрочку в передаче объектов и информации от одной работы к другой.

Инструмент Rational Rose

Rational Rose – средство моделирования компании Rational Software. Использует объектно-ориентированный подход и, в частности, UML. Является частью мощного пакета Rational, включающего целый ряд компонентов, которые позволяют провести разработку, начиная от концептуальной модели, до программного кода. Правда, это требует очень высокой квалификации. Однако, ее можно успешно использовать и для автономного описания процессов. Имеет удобный современный интерфейс.

Последние версии Rational Rose позволяют строить восемь типов диаграмм UML: диаграммы прецедентов (Use Cases Diagrams), диаграммы классов (Class Diagrams), диаграммы последовательности (Sequence Diagrams), диаграммы сотрудничества (Collaboration Diagrams), диаграммы состояний (State Diagrams), диаграммы действий (Activity Diagrams), компонентные диаграммы (Component Diagrams), диаграммы

развертывания (Deployment Diagram).

Основным типом диаграмм, своеобразным ядром моделирования в UML являются диаграммы классов. Кроме UML предусмотрено использование и других методов (Booch, OMT). Пакет применим на всех стадиях и циклах создания ИС для целей управления.

Благодаря уникальному языку моделирования Rational Rose способен решать практически любые задачи в проектировании информационных систем: от анализа бизнес процессов до кодогенерации на определенном языке программирования. Только Rose позволяет разрабатывать как высокоуровневые, так и низкоуровневые модели, осуществляя тем самым либо абстрактное проектирование, либо логическое.

Только Rational Rose имеет весь необходимый набор визуальных средств проектирования. Только Rose поможет решить проблемы с кодогенерацией на определенном языке программирования. Только Rational Rose осуществляет такие подходы, как прямое и обратное проектирование, а так же Round Trip Engineering. Такой арсенал позволит не только проектировать новую систему, но и доработать старую, произведя процесс обратного проектирования.

Диаграммы классов – ключевой тип диаграмм Rational Rose**.**

Вместо контекстной диаграммы (IDEF0) применяют **диаграмму прецедентов** или Use Case – диаграмму. Она определяет, - *что* система будет делать (а не *как* она будет это делать).

Прецеденты определяют функциональные возможности системы. Каждый из них представляет определенный способ использования системы. Таким образом, каждый прецедент соответствует последовательности действий, выполняемых системой для того, чтобы клиент мог получить определенный результат. Здесь прецедентами являются(рис. 12):

- проконсультировать;
- заключить договор страхования;
- выплата страхового возмещения.

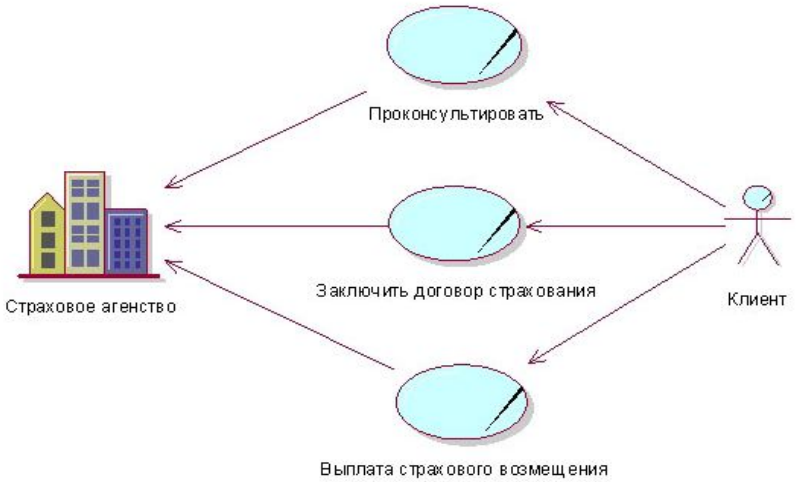


Рисунок 12. Пример диаграммы прецедентов

Определение и классификация основных объектов производятся с помощью диаграммы классов, на которой отображены **Деловые работники** (Business Worker) (рис. 13). Они связаны между собой ассоциациями и генерализациями.

Ассоциация отображается простой стрелкой и означает, что Сотрудник агентства работает в Страховом агентстве.

Генерализация отображается треугольной стрелкой и означает, что Консультант, Страховщик, Кассир и т.д. являются сотрудниками агентства (рис. 14).

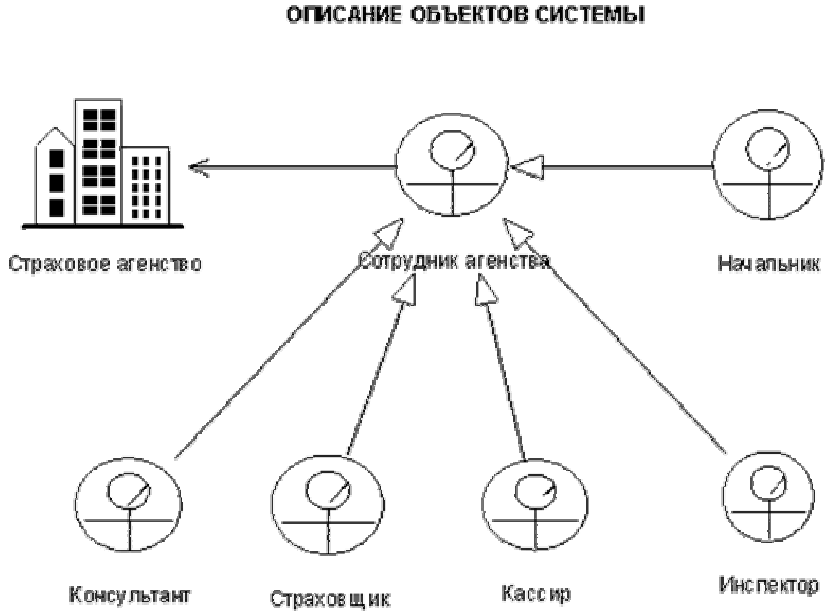


Рисунок 13. Пример диаграммы классов

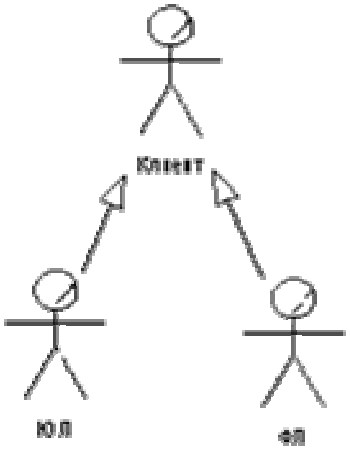


Рисунок 14. Пример отношения генерализация

Стандарт UML

UML - (Unified Modeling Language) язык визуального моделирования, основанный на объектно-ориентированном подходе. UML включает в себя двенадцать типов диаграмм, которые позволяют описать статическую структуру системы и ее динамическое поведение.

Use case diagram (диаграммы прецедентов) (рис. 15).

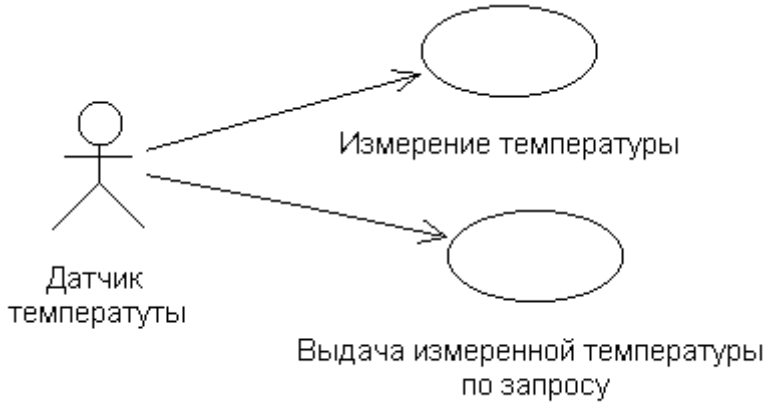


Рисунок 15. Диаграмма прецедентов

Statechart diagram (диаграмма состояний) (рис. 16).

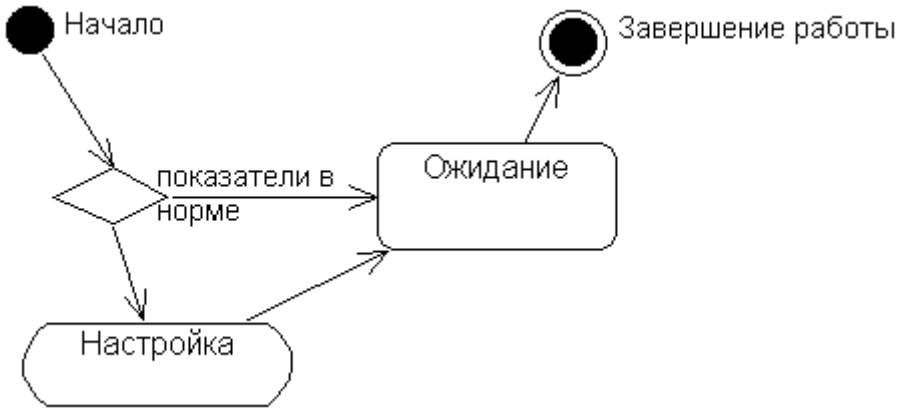


Рисунок 16. Диаграмма состояний

Deployment diagram (диаграммы развертывания) (рис. 17)

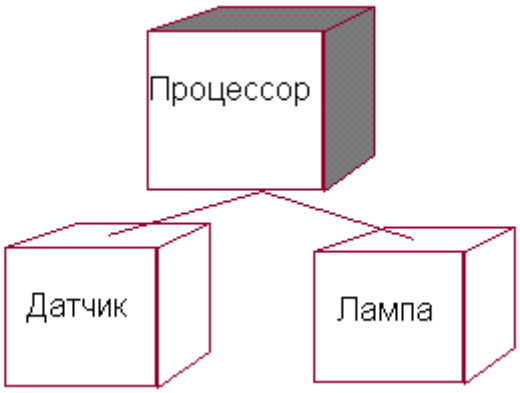


Рисунок 17. Диаграмма развертывания

Оптимизационные методы (и модели принятия решений) в логистике:

− алгоритмы решения экстремальных задач для транспортных сетей. Модели транспортных задач как задач линейного программирования;

− методы решения задач о назначениях как задачи линейного программирования;

− задача о коммивояжере в логистике. Математическая модель задачи о коммивояжере как задача дискретного программирования. Метод ветвей и границ и его особенности применительно к решению задачи о

коммивояжере;

− оптимальная дислокация логистических мощностей. Классическая задача оптимального позиционирования склада/распределительного центра. Оптимизационные задачи конфигурирования складской сети, размещения логистических центров, терминалов, автотранспортных предприятий.

Управление запасами:

− классическая модель расчета оптимальной периодичности (объема) заказа (поставки): EOQ-модель. Модели с учетом оптовых скидок и потерь от дефицита;

− методы расчета потребности в запасах, расчета параметров необходимого и достаточного максимального и минимального уровней запасов;

− процедуры управления запасами по рассчитанным параметрам: модель с постоянным размером заказа, модель с постоянной периодичностью заказа, модель с заданной периодичностью пополнения запаса до рассчитанного постоянного уровня, система двух уровней.

1.5. Моделирование бизнес-процессов

Стандарт IDEF0

Само понятие "**моделирование бизнес-процессов**" пришло в быт большинства аналитиков одновременно с появлением на рынке сложных программных продуктов, предназначенных для комплексной автоматизации управления предприятием. Подобные системы всегда подразумевают проведение глубокого предпроектного обследования деятельности компании. Результатом этого обследование является экспертное заключение, в котором отдельными пунктами выносятся рекомендации по устранению "узких мест" в управлении деятельностью. На основании этого заключения, непосредственно перед проектом внедрения системы автоматизации, проводится так называемая **реорганизация бизнес-процессов**, иногда достаточно серьезная и болезненная для компании. Это и естественно, сложившийся годами коллектив всегда сложно заставить "думать по-новому". Подобные комплексные обследования предприятий всегда являются сложными и существенно отличающимися от случая к случаю задачами. Для решения подобных задач моделирования сложных систем существуют хорошо обкатанные методологии и стандарты. К таким стандартам относятся **методологии семейства IDEF**. С их помощью можно эффективно отображать и анализировать модели деятельности широкого спектра сложных систем в различных разрезах. При этом широта и глубина обследования процессов в системе определяется самим разработчиком, что позволяет не перегружать создаваемую модель излишними данными.

В настоящий момент к семейству IDEF можно отнести следующие стандарты:

− **IDEF0** – методология функционального моделирования. С помощью наглядного графического языка IDEF0, изучаемая система предстает перед разработчиками и аналитиками в виде набора взаимосвязанных функций (функциональных блоков – в терминах IDEF0). Как правило, моделирование средствами IDEF0 **является первым этапом изучения любой системы**;

− **IDEF1** – методология моделирования **информационных потоков** внутри системы, позволяющая отображать и анализировать их структуру и взаимосвязи;

− **IDEF1X (IDEF1 Extended)** – методология построения реляционных структур. IDEF1X относится к типу методологий “Сущность-взаимосвязь” (ER – Entity-Relationship) и, как правило, используется для моделирования **реляционных баз данных**, имеющих отношение к рассматриваемой системе;

− **IDEF2** – методология **динамического моделирования** развития систем. В связи с весьма серьезными сложностями анализа динамических систем от этого стандарта практически отказались, и его развитие приостановилось на самом начальном этапе. Однако в настоящее время присутствуют алгоритмы и их компьютерные реализации, позволяющие превращать набор статических диаграмм IDEF0 в динамические модели, построенные на базе “раскрашенных сетей Петри” (CPN – Color Petri Nets);

− **IDEF3** – методология документирования процессов, происходящих в системе, которая используется, например, **при исследовании технологических процессов на предприятиях**. С помощью IDEF3 описываются сценарий и последовательность операций для каждого процесса. IDEF3 имеет прямую взаимосвязь с методологией IDEF0 – каждая функция (функциональный блок) может быть представлена в виде отдельного процесса средствами IDEF3;

− **IDEF4** – методология построения объектно-ориентированных систем. Средства IDEF4 позволяют наглядно отображать структуру объектов и заложенные принципы их взаимодействия, тем самым позволяя **анализировать и оптимизировать сложные объектно-ориентированные системы**.

− **IDEF5 – методология онтологического исследования сложных систем**. С помощью методологии IDEF5 онтология системы может быть описана при помощи определенного словаря терминов и правил, на основании которых могут быть сформированы достоверные утверждения о состоянии рассматриваемой системы в некоторый момент времени. На основе этих утверждений формируются выводы о дальнейшем развитии системы и производится её оптимизация.

В общем случае, **модель бизнес-процесса** должна давать ответы на следующие вопросы:

− какие процедуры (функции, работы) необходимо выполнить для получения заданного конечного результата;

− в какой последовательности выполняются эти процедуры;

− какие механизмы контроля и управления существуют в рамках рассматриваемого бизнес-процесса;

− кто выполняет процедуры процесса;

− какие входящие документы/информацию использует каждая процедура процесса;

− какие исходящие документы/информацию генерирует процедура процесса;

− какие ресурсы необходимы для выполнения каждой процедуры процесса;

− какая документация/условия регламентирует выполнение процедуры;

− какие параметры характеризуют выполнение процедур и процесса в целом.

Описание бизнес-процесса формируется при помощи **нотации** и **инструментальной среды**, позволяющих отразить все указанные выше аспекты. Только в этом случае модель бизнес-процесса окажется полезной для предприятия, т.к. ее можно будет подвергнуть анализу и реорганизации.

Бизнес-процесс – это логичный, последовательный, взаимосвязанный набор мероприятий, который потребляет ресурсы производителя, создает ценность и выдает результат потребителю. Среди основных причин, побуждающих организацию оптимизировать бизнес-процессы, можно выделить необходимость снижения затрат или длительности производственного цикла, требования, предъявляемые потребителями и государством, внедрение программ управления качеством, слияние компаний, внутриорганизационные противоречия и др.

Моделирование бизнес-процессов позволяет не только определить, как компания работает в целом, как взаимодействует с внешними организациями, заказчиками и поставщиками, но и как организована деятельность на каждом рабочем месте. Моделирование бизнес-процессов – это эффективное средство поиска путей оптимизации деятельности компании, средство прогнозирования и минимизации рисков, возникающих на различных этапах реорганизации предприятия. Этот метод позволяет дать стоимостную оценку каждому отдельному процессу и всем бизнес-процессам организации в совокупности.

Под методологией (нотацией) создания модели (описания) бизнес-процесса понимается совокупность способов, при помощи которых объекты реального мира и связи между ними представляются в виде модели. Любая методология (методика) включает три основные составляющие:

− теоретическую базу;

− описание шагов, необходимых для получения заданного результата;

− рекомендации по использованию как отдельно, так и в составе группы методик.

Основное в методологии – дать пользователю последовательность шагов, которые приводят к заданному результату. Способность получать результат с заданными параметрами и характеризует ее эффективность.

В настоящее время для описания, моделирования и анализа бизнес-процессов используются несколько типов методологий. К числу наиболее распространенных типов относятся следующие методологии:

− моделирования **бизнес-процессов** (Business Process Modeling);
− описания **потоков работ** (Work Flow Modeling);
− описания **потоков данных** (Data Flow Modeling).

Методологии моделирования бизнес-процессов (Business Process Modeling)

Наиболее широко используемая методология описания **бизнес-процессов** – стандарт США IDEF0. Методология IDEF0 предоставляет аналитику широкие возможности для описания бизнеса организации на верхнем уровне с акцентом на управление процессами. Нотация позволяет отражать в модели процесса обратные связи различного типа – по информации, управлению, движению материальных ресурсов. Модели в нотации IDEF0 предназначены для высокоуровневого описания бизнеса компании. Их основное преимущество состоит в возможности описывать управление процессами организации.

Методологии описания потоков работ (Work Flow Modeling)

Методология описания процессов IDEF3 предназначена для описания рабочих процессов или, иными словами, потоков работ. Стандарт IDEF3 близок к алгоритмическим методам построения схем процессов и стандартным средствам создания блок-схем. Можно утверждать, что IDEF3 лежит в основе популярной в настоящее время методологии ARIS eEPC.

Методологии описания потоков данных (Data Flow Modeling)

Они позволяют отразить последовательность работ, выполняемых по ходу процесса, и потоки информации, циркулирующие между этими работами. Кроме того, нотация DFD предоставляет возможность описывать потоки документов (документооборот) и материальных ресурсов (например, движение материалов от одной работы к другой). Методология DFD может эффективно использоваться для описания процессов при внедрении процессного подхода к управлению организацией, так как позволяет максимально снизить субъективность описания бизнес-процессов. С помощью схемы процессов в DFD выявляют основные потоки данных, что важно для последующего создания моделей структуры данных и разработки требований к информационной системе организации.

На рис. 18 схематично представлена История развития методологий моделирования бизнес-процессов.

Период	Методология моделирования бизнес-процессов	Методология (стандарты) управления качеством
40 – 60-е гг.	Появление алгоритмических языков описания	Национальные стандарты
60-е гг.	Появление методологии SADT (структурного анализа и проектирования)	Развитие стандартов в различных областях, в частности в области контроля качества продукции
70 – 80-е гг.	Появление методологий серии IDEF (IDEF0, IDEF3, IDEF1X), DFD, ERD	Принятие МС ИСО серии 9000 версии 1988 г.
90-е гг.	Появление методологий ARIS (архитектура интегрированных информационных систем), UML (универсальный язык моделирования), методологий компаний Oracle, Baan, Rational и др.	Принятие МС ИСО серии 9000 версии 1994 г. (в стандартах закладываются основы процессного подхода)
2000 г.	Принятие МС ИСО серии 9000 версии 2000 г., четкое определение процессного подхода к управлению организацией	

Рисунок 18. Эволюция методологий моделирования бизнес-процессов

История возникновения стандарта IDEF0

Методологию IDEF0 можно считать следующим этапом развития хорошо известного графического языка описания функциональных систем SADT (Structured Analysis and Design Teqnique).

Исторически, IDEF0, как стандарт был разработан в 1981 году в рамках обширной программы автоматизации промышленных предприятий, которая носила обозначение ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing) и была предложена департаментом Военно-Воздушных Сил США. Собственно семейство стандартов IDEF унаследовало свое обозначение от названия этой программы (IDEF=ICAM DEFinition). В процессе практической реализации, участники программы ICAM столкнулись с необходимостью разработки новых методов анализа процессов взаимодействия в промышленных системах. При этом кроме усовершенствованного набора функций для описания бизнес-процессов, одним из требований к новому стандарту было наличие эффективной методологии взаимодействия в рамках “аналитик-специалист”. Другими словами, новый метод должен был обеспечить групповую работу над созданием модели с непосредственным участием всех аналитиков и специалистов, занятых в рамках проекта.

В результате поиска соответствующих решений родилась методология функционального моделирования IDEF0.

С 1981 года стандарт IDEF0 претерпел несколько незначительных изменения, в основном ограничивающего характера, и последняя его редакция была выпущена в декабре 1993 года Национальным Институтом По Стандарам и Технологиям США (NIST).

Методология функционального моделирования IDEF0

Семантика блоков и стрелок. В IDEF0 различают пять типов стрелок (рис. 19).

Вход (Input) - материал или информация, которые используются или преобразуются работой для получения результата (выхода). Допускается, что работа может не иметь ни одной стрелки входа.

Каждый тип стрелок подходит к определенной стороне прямоугольника, изображающего работу, или выходит из нее. Стрелка входа рисуется как входящая в левую грань работы. При описании технологических процессов (для этого и был придуман IDEF0) не возникает проблем определения входов. При моделировании ИС, когда стрелками являются не физические объекты, а данные, не все так очевидно.

Управление (Control) — правила, стратегии, процедуры или стандарты, которыми руководствуется работа. Каждая работа должна иметь хотя бы одну стрелку управления. Стрелка управления рисуется как входящая в верхнюю грань работы.

Управление влияет на работу, но не преобразуется работой. Если цель работы изменить процедуру или стратегию, то такая процедура или стратегия будет для работы входом. В случае возникновения неопределенности в статусе стрелки (управление или контроль) рекомендуется рисовать стрелку управления.

Выход (Output) - материал или информация, которые производятся работой. Каждая работа должна иметь хотя бы одну стрелку выхода. Работа без результата не имеет смысла и не должна моделироваться. Стрелка выхода рисуется как исходящая из правой грани работы.

Механизм (Mechanism) - ресурсы, которые выполняют работу, например персонал предприятия, станки, устройства и т. д. Стрелка механизма рисуется как входящая в нижнюю грань работы. По усмотрению аналитика стрелки механизма могут не изображаться в модели.

Вызов (Call) - специальная стрелка, указывающая на другую модель работы. Стрелка вызова используется для указания того, что некоторая работа выполняется за пределами моделируемой системы.

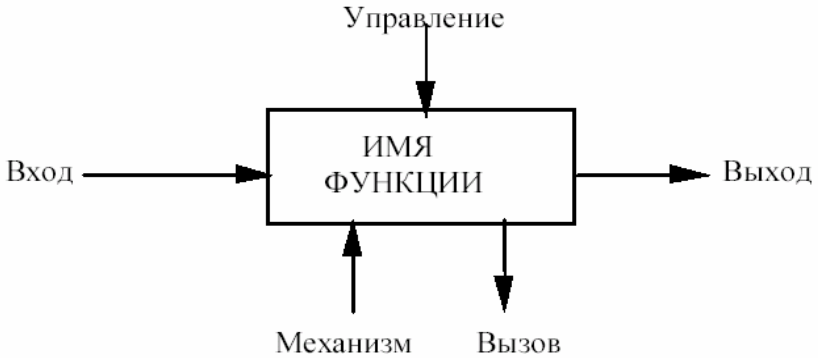


Рисунок 19. Типы стрелок нотации IDEF0

Каждая модель должна иметь **контекстную диаграмму верхнего уровня**, на которой объект моделирования представлен единственным блоком с граничными стрелками (рис. 20). Эта диаграмма называется А-0 (А минус нуль). Стрелки на этой диаграмме отображают связи объекта моделирования с окружающей средой. Поскольку единственный блок представляет весь объект, его имя – общее для всего проекта. Это же справедливо и для всех стрелок диаграммы, поскольку они представляют полный комплект внешних интерфейсов объекта. Диаграмма А-0 устанавливает область моделирования и ее границу.

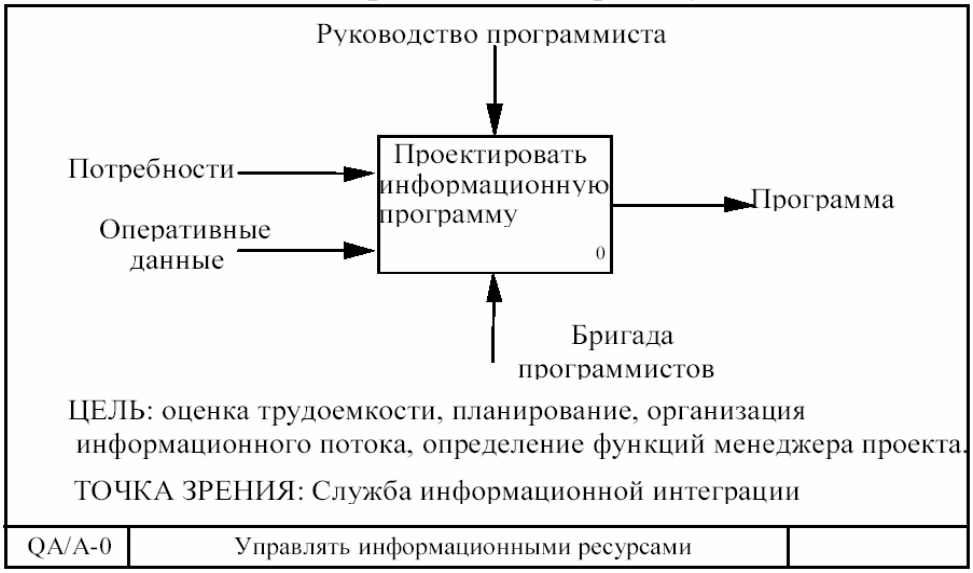


Рисунок 20. Пример контекстной диаграммы

Показанные на рис 21. коды означают, что диаграмма является декомпозицией 1-го блока диаграммы, которая, в свою очередь является декомпозицией 6-го блока диаграммы А0, а сами коды образуются присоединением номера блока.

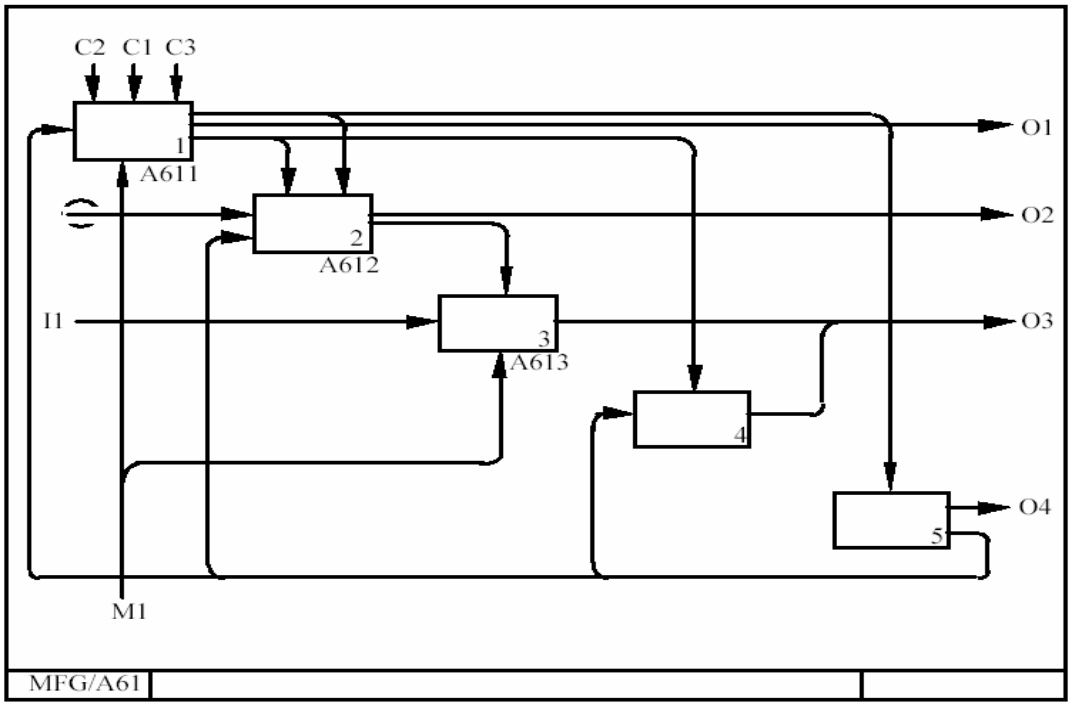


Рисунок 21. Пример диаграммы декомпозиции

ICOM-коды связывают граничные стрелки на дочерней диаграмме со стрелками родительского блока. Нотация, названная ICOM – кодом, определяет значения соединений (рис. 22).

Буквы I, C, O или M, написанные около несвязанного конца граничной стрелки на дочерней диаграмме, идентифицируют стрелку как Вход (Input), Управление (Control), Выход (Output) или Механизм (Mechanism) в родительском блоке.

Буква стоит перед числом, определяющим относительное положение точки подключения стрелки к родительскому блоку.

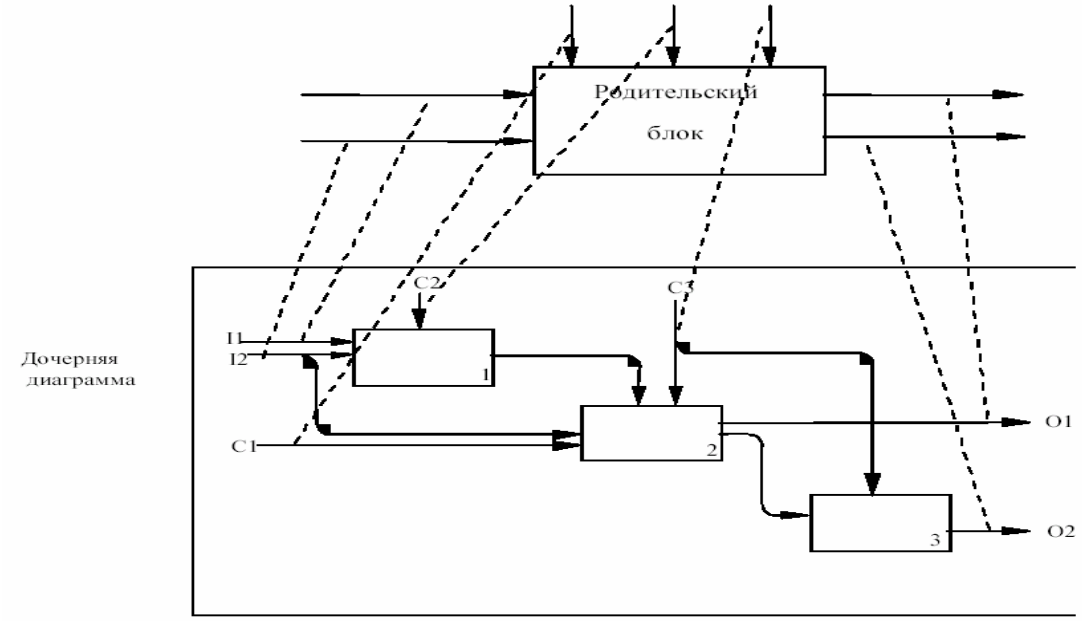


Рисунок 22. ICOM-коды

Туннельные стрелки означают, что данные, выраженные этими стрелками, не рассматриваются на родительской диаграмме и/или на дочерней диаграмме.

Разработанная модель IDEF0 со всеми уровнями структурной декомпозицией может быть представлена на единственной диаграмме в виде **дерева узлов**, дополняющего перечень узлов (рис. 23). Для изображения этого дерева нет стандартного формата. Единственное требование состоит в том, что вся иерархия узлов модели должна быть представлена наглядно и понятно.

При проведении сложных проектов **обследования предприятий** разработка моделей в стандарте IDEF0 позволяет наглядно и эффективно отобразить весь механизм деятельности предприятия в нужном разрезе. Однако самое главное – это возможность коллективной работы, которую предоставляет IDEF0. Часто построение модели осуществляется с прямой помощью **сотрудников различных подразделений**. При этом, **консультант** за достаточно короткое время объясняет им основные принципы IDEF0 и обучает работе с соответствующим **прикладным программным обеспечением**. В результате, сотрудники различных отделов создают IDEF-диаграммы деятельности своего функционального подразделения, которые отвечают на следующие вопросы:

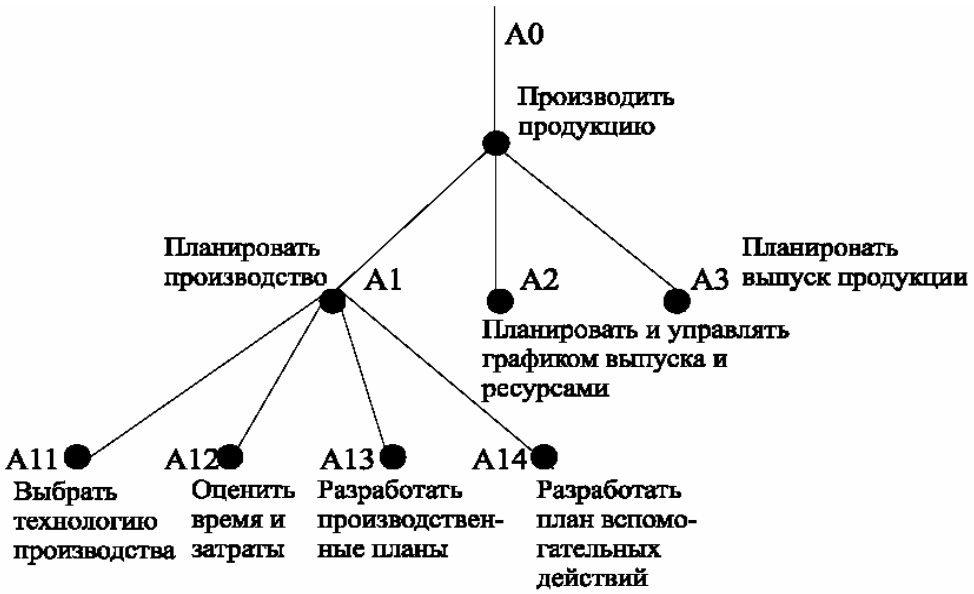


Рисунок 23. Дерево узлов

− что поступает в подразделение “на входе”?

− какие функции, и в какой последовательности выполняются в рамках подразделения?

− кто является ответственным за выполнение каждой из функций?

− чем руководствуется исполнитель при выполнении каждой из функций?

− что является результатом работы подразделения (на выходе)?

После согласования черновиков диаграмм внутри каждого конкретного подразделения, они собираются консультантом в черновую модель предприятия, в которой увязываются все входные и выходные элементы. На этом этапе фиксируются все неувязки отдельных диаграмм и их спорные места. Далее, эта модель вновь проходит через функциональные отделы для дальнейшего согласования и внесения необходимых корректив. В результате, за достаточно короткое время и при привлечении минимума человеческих ресурсов со стороны консультационной компании (а эти ресурсы, как известно, весьма недешевы), получается IDEF0-модель предприятия по принципу “Как есть”, причем, что немаловажно, она представляет предприятие с позиции сотрудников, которые в нем работают и досконально знают все нюансы, в том числе неформальные. В дальнейшем, эта модель будет передана на анализ и обработку к бизнес-аналитикам, которые будут заниматься поиском “узких мест” в управлении компанией и оптимизацией основных процессов, трансформируя модель “Как есть” в соответствующее представление “Как должно быть”. На основании этих изменений и выносится итоговое заключение, которое содержит в себе рекомендации по реорганизации системы управления.

1.6. Оценка методов моделирования

Использование моделирования может стать важным инструментом принятия управленческих решений и дает ряд преимуществ, а именно:

− обеспечивает учет неопределенности. Так, к неопределенным переменным относятся будущий спрос, цены конкурентов, сроки поставки, интенсивность потока покупателей и изменение процентных ставок. Сложная модель может включать в себе разнообразные переменные такого рода;

− позволяет проводить сравнение альтернативных вариантов. Применение моделирования позволяет неоднократно пользоваться полученной моделью при анализе альтернативных стратегий и их воздействия на различные факторы. Так, мы можем проанализировать воздействие различной политики ценообразования на спрос.

− позволяет отслеживать множественные исходы.Сложные имитационные модели можно использовать для отслеживания поведения различных показателей, в частности прибыли, объема продаж, расходов и уровня клиентского обслуживания.

− обеспечивает непротиворечивость данных. Применение имитационной модели дает возможность непротиворечивым и стандартизованным образом проанализировать различные данные. Не имея такой модели, легко впасть в субъективизм при проведении сравнения, в результате чего выходные данные могут оказаться ошибочными.

− устраняет риски. Использование моделей не несет в себе каких-либо существенных рисков. Если бы не было модели, то различные стратегии пришлось бы проверять в реальной ситуации. Так, можно увеличить цену на товар и понаблюдать, как это скажется на объеме продаж или спросе, или сократить численность персонала и посмотреть, как это скажется на уровне обслуживания клиентов. Такой процесс связан с рисками потерь доходов или клиентов. Применение моделирования позволяет устранить такие риски.

− дает экономию средств. Имитационные модели относительно дешевы. Когда создана подходящая модель, можно отработать различные ситуации практически даром и за относительно короткий отрезок времени.

Однако использование моделей имеет и недостатки, а именно:

− затратность процесса разработки модели. Разработка сложных моделей может отнять много времени и средств. Реалистичные модели могут включать большое количество переменных со значительным разбросом возможных выходных данных. Разработка такой модели может оказаться нежелательной. На практике лучше выстроить упрощенный вариант модели, которую можно проверить и превратить в практический инструмент.

− сложность. Практические имитационные модели могут быть невероятно сложны и громоздки. Отсюда могут возникнуть сложности с подтверждением пригодности модели, а также с анализом результатов имитационных прогонов. Такая сложность ведет к тому, что имитационная модель выдает ненадежные данные, что может увести ничего не подозревающего руководителя в сторону.

2. МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ СИМУЛЯЦИИ

2.1. Симуляция как метод

Симуляционное или имитационное моделирование – это метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику. Имитационное моделирование – это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью с достаточной точностью описывающей реальную систему и с ней проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Экспериментирование с моделью называют имитацией (имитация — это постижение сути явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте). Имитационное моделирование – это частный случай математического моделирования. Существует класс объектов, для которых по различным причинам не разработаны аналитические модели, либо не разработаны методы решения полученной модели. В этом случае математическая модель заменяется имитатором или имитационной моделью. Имитационная модель – логико-математическое описание объекта, которое может быть использовано для экспериментирования на компьютере в целях проектирования, анализа и оценки функционирования объекта.

К имитационному моделированию прибегают, когда:

− дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте;

− невозможно построить аналитическую модель: в системе есть время, причинные связи, последствие, нелинейности, стохастические (случайные) переменные;

− необходимо сымитировать поведение системы во времени.

Цель имитационного моделирования состоит в воспроизведении поведения исследуемой системы на основе результатов анализа наиболее существенных взаимосвязей между ее элементами или другими словами — разработке ***симулятора*** (англ. *simulation modeling*) исследуемой предметной области для проведения различных экспериментов.

Имитационное моделирование позволяет имитировать поведение системы во времени. Причём плюсом является то, что временем в модели можно управлять: замедлять в случае с быстропротекающими процессами и ускорять для моделирования систем с медленной изменчивостью. Можно имитировать поведение тех объектов, реальные эксперименты с которыми дороги, невозможны или опасны.

Имитация, как метод решения нетривиальных задач, получила начальное развитие в связи с созданием ЭВМ в 1950х – 1960х годах.

Можно выделить две разновидности имитации:

− метод Монте-Карло (метод статистических испытаний);

− метод имитационного моделирования (статистическое моделирование).

Виды имитационного моделирования

Агентное моделирование – относительно новое (1990е-2000е гг.) направление в имитационном моделировании, которое используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не глобальными правилами и законами (как в других парадигмах моделирования), а наоборот. Когда эти глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы. Цель агентных моделей – получить представление об этих глобальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении ее отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе. Агент — некая сущность, обладающая активностью, автономным поведением, может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно изменяться.

Дискретно-событийное моделирование — подход к моделированию, предлагающий абстрагироваться от непрерывной природы событий и рассматривать только основные события моделируемой системы, такие как: «ожидание», «обработка заказа», «движение с грузом», «разгрузка» и другие. Дискретно-событийное моделирование наиболее развито и имеет огромную сферу приложений — от логистики и систем массового обслуживания до транспортных и производственных систем. Этот вид моделирования наиболее подходит для моделирования производственных процессов. Основан Джеффри Гордоном в 1960х годах XX века.

Системная динамика – парадигма моделирования, где для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие во времени, а затем созданная на основе этих диаграмм модель имитируется на компьютере. По сути, такой вид моделирования более всех других парадигм помогает понять суть происходящего выявления причинно-следственных связей между объектами и явлениями. С помощью системной динамики строят модели бизнес-процессов, развития города, модели производства, динамики популяции, экологии и развития эпидемии. Метод основан Форрестером в 1950 годах.

Области применения:

− бизнес процессы;

− боевые действия;

− динамика населения;

− дорожное движение;

− ИТ-инфраструктура;

− математическое моделирование исторических процессов;

− логистика;

− пешеходная динамика;
− производство;
− рынок и конкуренция;
− сервисные центры;
− цепочки поставок;
− уличное движение;
− управление проектами;
− экономика здравоохранения;
− экосистемы.

Популярные системы имитационного моделирования:

− AnyLogic;
− Aimsun;
− Arena;
− eM-Plant;
− Powersim;
− GPSS;
− NS-2;
− Transyt.

2.2. Применение имитационного моделирования в логистике

Процессы внешней логистики:

− перевозка товаров от поставщиков до «первого» (центрального, таможенного, оптового, территориального и т.п.) склада;

− перевозка товаров между складами системы распределения;

− перевозка товаров со складов системы распределения в пункты продажи.

Процессы, связанные с приёмкой товара и загрузкой склада:

− разгрузка транспортного средства;

− распаковка, идентификация, контроль качества товара и перегрузка его в другую тару;

− транспортировка товара с помощью мобильных средств (вилочных погрузчиков и т.п.) или с помощью стационарных средств (различного вида кранов и транспортёров) ;

− размещение товара в зоне хранения склада.

Процессы, связанные с выгрузкой склада и отправкой товара:

− отбор товара в зоне хранения склада;

− транспортировка товара с помощью мобильных средств (вилочных погрузчиков и т.п.) или с помощью стационарных средств (различного вида кранов и транспортёров);

− комплектация, упаковка и размещение товара в таре для транспортировки;

− погрузка товара на транспортное средство.

Задачи анализа внешней логистики дистрибуционного центра:

− могут ли быть с достаточной точностью реализованы такие

характеристики потоков транспортных средств и грузов (распределение моментов прибытия транспортных средств, распределение типов и объёмов грузов), на которые с самого начала ориентируется проект ДЦ?

− являются ли достаточными ресурсы транспортных систем, обеспечивающих выполнение функций внешней логистики для создаваемого ДЦ?

− являются ли достаточно эффективными алгоритмы диспетчеризации и маршрутизации, применяемые в транспортных системах?

− насколько велики размеры затрат, связанных с транспортировкой и перевалкой товаров на всех этапах процесса закупки и распределения?

Задачи анализа внутренней логистики дистрибуционного центра:

− является ли достаточной общая пропускная способность технических средств склада в направлении загрузки и выгрузки склада, т.е. будет ли обеспечена возможность обслужить с достаточной эффективностью потоки транспортных средств и грузов, определяемых процессами внешней логистики ДЦ?

− каковыми являются граничные значения интенсивностей входных потоков складского объекта, после превышения которых начинается образование недопустимо длинных очередей транспортных средств, ожидающих обслуживания?

− какие фрагменты системы внутренней логистики ДЦ в первую очередь определяют общую пропускную способность, т.е. претендуют на роль “узкого места”?

− возникают ли очереди (заторы) из транспортируемых единиц груза в автоматической системе перемещения грузов, прежде всего, на транспортёрах?

− являются ли достаточными ресурсы, состоящие из мобильных средств перемещения грузов (например, максимально доступное число вилочных погрузчиков, используемых для разгрузки транспортных средств)?

− являются ли эффективными алгоритмы управления автоматической системы перемещения грузов и стратегии использования пространства зоны хранения склада?

− является ли достаточной ёмкость пространства зоны хранения склада и ёмкости буферных пространств, например, в зонах приемки и отправки товаров?

− как может и/или должен измениться процесс функционирования склада при проведении плановых ремонтов и реконструкций, а также при возникновении аварийных ситуаций?

Сущность аналитического моделирования

При **аналитическом моделировании** процессы функционирования элементов системы записываются в виде алгебраических, интегральных, дифференциальных, конечно-разностных и иных соотношений и

логических условий. Результаты исследования аналитической модели могут быть:

− качественными (устанавливаются такие свойства решения, как существование, единственность, устойчивость в большом и малом, характер зависимости выходных параметров от входных и т.п.);

− аналитическими (устанавливаются явные зависимости для искомых характеристик);

− численными (определяются числовые значения выходных величин для заданных входных данных).

Пример: СМО типа G/G/1.

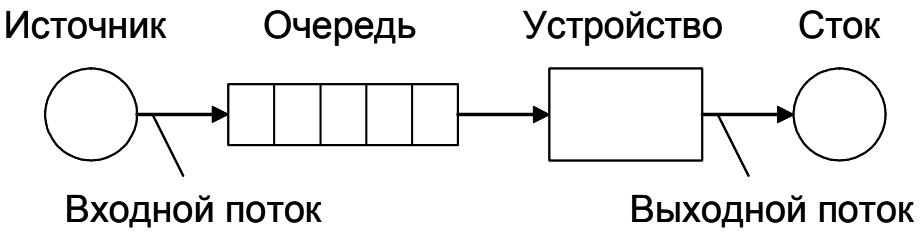


Рисунок 24. СМО типа G/G/1

Для модели системы массового обслуживания, изображенной на рис. 24 среднее время ожидания в очереди рассчитывается по формуле:

$$w = \frac{\tau\rho(1+c^2)}{2(1-\rho)}, \qquad (1)$$

где τ - среднее время обслуживания;

ρ - коэффициент загрузки СМО;

c - коэффициент вариации времени обслуживания.

Сущность имитационного моделирования

При **имитационном моделировании** (ИМ) реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования системы во времени и пространстве, причем имитируются составляющие процесс элементарные явления с сохранением его логической и временной структуры. Результаты каждого шага моделирования могут интерпретироваться как состояние системы в определенный момент времени, а метод моделирования может быть определен как наблюдение во времени за характеристиками динамической модели системы. Это делает ИМ похожим на физический эксперимент.

Пример: СМО типа G/G/1

Модель на языке GPSS (рис. 23)

```
GENERATE  10,3
QUEUE     RINDA
SEIZE     IERICE
DEPART    RINDA
ADVANCE   8,4
RELEASE   IERICE
TERMINATE 1
START     1000
```

Особенности имитационного моделирования

Основные **преимущества** имитационного моделирования:

− свободный выбор уровня детализации отображения процессов в модели (действует принцип: могу отобразить в модели всё то, что доступно моему пониманию и что соответствует целям моделирования);

− отсутствие ограничений на сложность логики моделируемых процессов и воспроизводимых в модели алгоритмов управления;

− отсутствие ограничений на структуру и объём исходных данных моделирования.

Трудности, связанные с применением имитационного моделирования:

− большие затраты времени и финансовых средств:

– на приобретение программных пакетов для имитационного моделирования;

– на подготовку детальных исходных данных;

– на разработку и проверку (верификацию и валидацию) модели;

– на планирование и проведение имитационных экспериментов;

– на привлечение экспертов в области имитационного моделирования.

− модель в значительной мере отражает субъективные представления разработчика модели о моделируемой системе (действует принцип: сколько разработчиков, столько и моделей);

− модель, как правило, может быть эффективно применена для исследования только одной системы-оригинала.

Представление непрерывных и дискретных процессов в моделях

Непрерывный и дискретный процессы представлены на рис. 25 26.

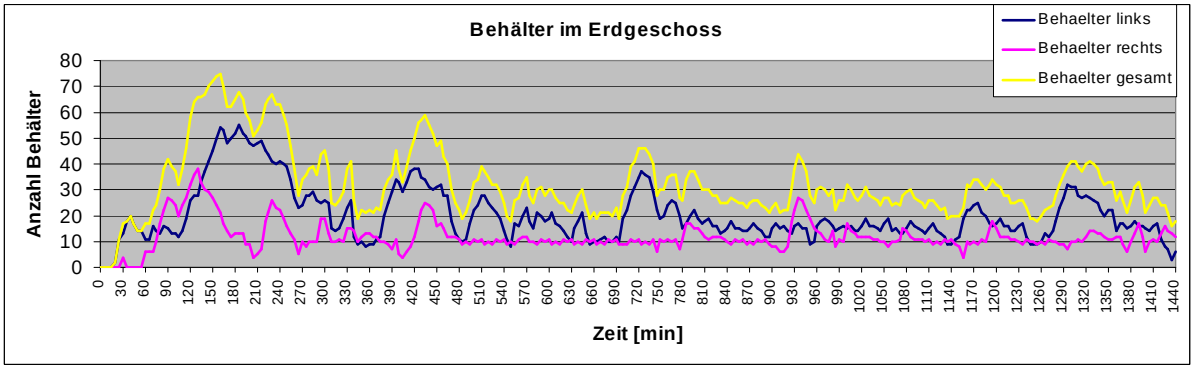


Рисунок 25. Непрерывный процесс

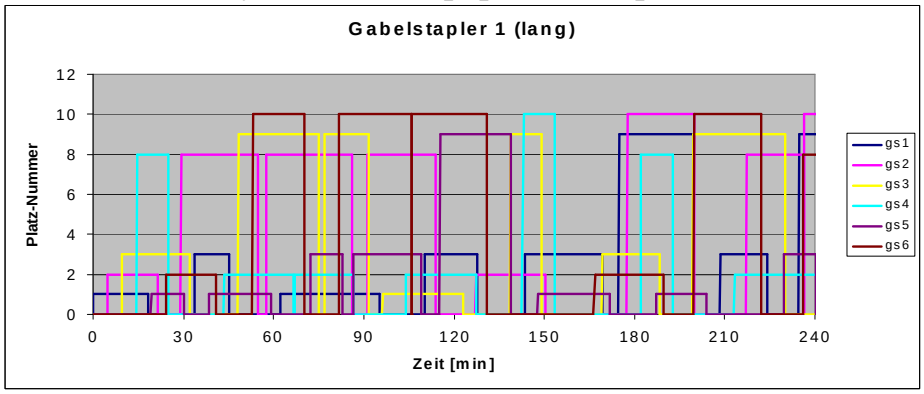


Рисунок 26. Дискретный процесс

На рис. 27 изображена методика создания и применения модели логистической системы.

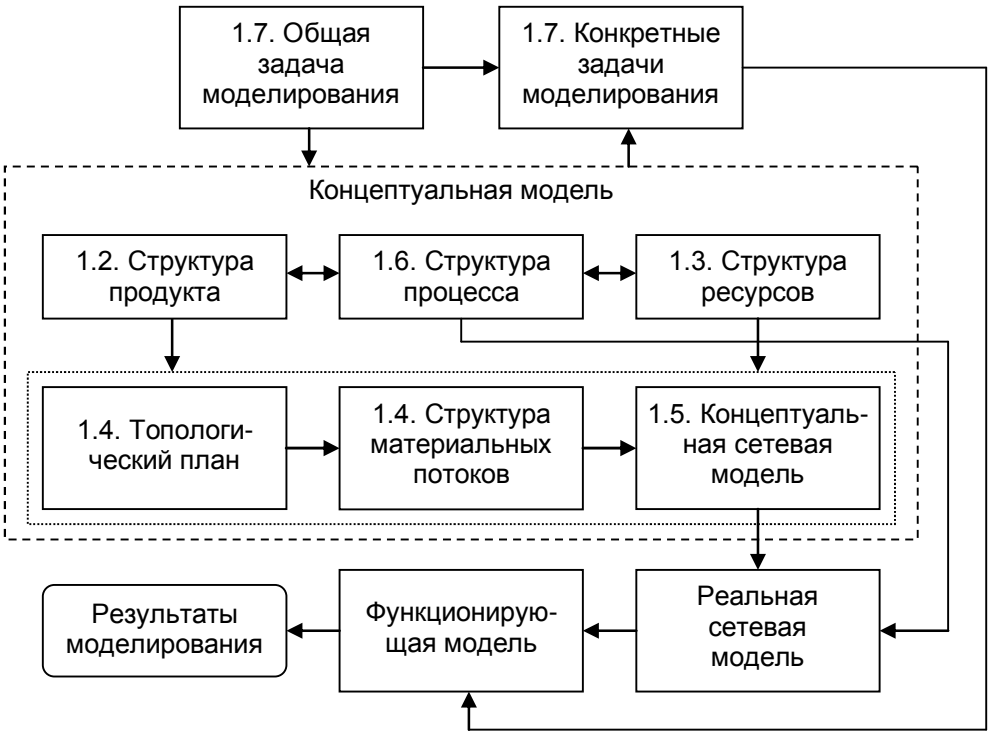


Рисунок 27. Методика создания и применения модели логистической системы

Примеры формулировки общей задачи исследования логистической системы

1. Оценить заданные варианты реконструкции склада, которые предусматривают использование более производительных средств перемещения грузов и изменение схем размещения грузов в зонах хранения.

2. Сравнить стратегии организации маршрутов движения автомашин транспортного предприятия, обеспечивающего регулярные перевозки товаров между складами и предприятиями торговли.

3. Оценить максимальную пропускную способность контейнерного терминала в морском порту, которая будет обеспечена после проведения работ по удлинению причальной стенки. Решить вопрос о целесообразности установки дополнительного контейнерного перегружателя.

4. Оценить работу пункта сортировки почтовых отправлений при различных вариантах графика работы персонала.

Примеры формулировки конкретных задач исследования

1. Вместо вилочного погрузчика типа X применить погрузчик типа Y, средняя скорость движения которого на 3 м/с выше. Общее число погрузчиков увеличить до восьми. Сузить межрядные проходы в зонах хранения склада до 2-х метров. Оценить максимальную пропускную способность склада (поддоны в час) при работе только в режиме загрузки

склада.

2. Сравнить два альтернативных варианта организации поездок грузовых автомобилей: а) каждый автомобиль объезжает несколько складов и комплектуется товарами по заказам одного или нескольких магазинов; б) каждый автомобиль загружается товарами лишь на одном складе и затем развозит эти товары по нескольким магазинам. Для каждого варианта оценить суммарный путь, проходимый автомобилями в течение рабочего дня при выполнении общего фиксированного объёма дневных перевозок.

3. Оценить максимальную пропускную способность контейнерного терминала (контейнеры за неделю), если длина причальной стенки будет увеличена на 50 м. Определить эффект от возможной установки дополнительного контейнерного перегружателя при условии, что уже имеющиеся перегружатели также могут обслуживать новую зону погрузки/выгрузки контейнеров.

4. Оценить среднее и максимальное время задержки почтовых отправлений в пункте сортировки при заданном графике прибытия и отправления автомобилей, перевозящих эти отправления, если число работников в третью (ночную) смену уменьшить на 5 человек, а в первую и вторую смены увеличить на 2 человека.

Средства имитационного моделирования логистических систем

Универсальные пакеты имитационного моделирования дискретных систем:

- AnyLogic;
- Arena;
- AutoMod;
- DOSIMIS-3;
- Enterprise Dynamics;
- ExtendGPSS;
- ProModel;
- QUESTSimul8;
- WITNESS.

Специализированные пакеты, ориентированные на моделирование цепей поставок:

- PRODISI;
- LogicNet Plus;
- Supply Chain Builder;
- SimFlex.

Информационные системы управления цепями поставок:

- J.T. Edward;
- e-SCOR;
- Value Chain Managenemt;
- Picaso;
- Extend/SDI;

− Insight;
− Supply Chain Guru;
− CAPS Supply Chain Designer;
− i2 Strategist ;
− Manugistics SC Suite;

Формы выполнения работ по моделированию

1. Проводится имитационное исследование, при котором предусматривается передача заказчику только результатов имитационных экспериментов; заказчик при этом может вообще не знать, с помощью какого симулятора проводилось моделирование.

2. Заказчику передаётся готовая модель (или библиотека моделей) с расчётом на то, что он сам будет в дальнейшем планировать и проводить имитационные эксперименты; не предусматривается возможность, когда заказчик вносит изменения в саму модель; все возможные варианты моделирования определяются только варьированием исходными данными.

3. Заказчику передаётся «всё в полном комплекте», т.е. «имитационное исследование», «готовая модель», симулятор и вся «техника и технология» создания определенного класса моделей; составной частью имитационного проекта является обучение заказчика, в результате которого он должен научиться работать с симулятором и создавать модели хотя бы для определенного класса систем (иногда - на базе специально созданной для этих целей библиотеки модулей).

Понятие «эксперт в области имитационного моделирования»

Эксперты в области имитационного моделирования логистических систем:

− обладают базовыми инженерными и экономическими знаниями, необходимыми для понимания принципов функционирования определенных классов логистических систем;

− владеют методами системного анализа и управления проектами, необходимыми для корректной постановки задачи моделирования и организации всех этапов работ по реализации и использованию моделей;

− владеют не зависимыми от конкретных симуляторов методами имитационного моделирования, в том числе, и математическими методами;

− владеют одним или несколькими симуляторами и языками программирования;

− знакомы с современными информационными технологиями, обеспечивающими интеграцию моделей в системах проектирования, планирования и управления.

2.3. Модель системы внутризаводского транспорта

Модель системы внутризаводского транспорта будет рассмотрена на примере компании VW (Volkswagen Wolfsburg). Логистический центр VW: участок обработки пустой тары (рис. 28 - 31).

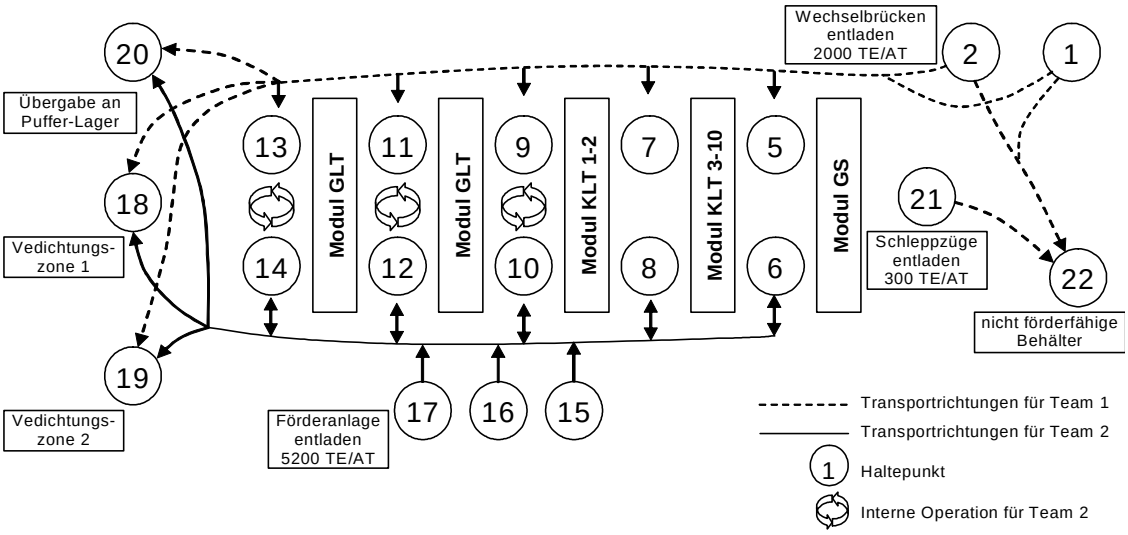


Рисунок 28. Схема маршрутов вилочных погрузчиков

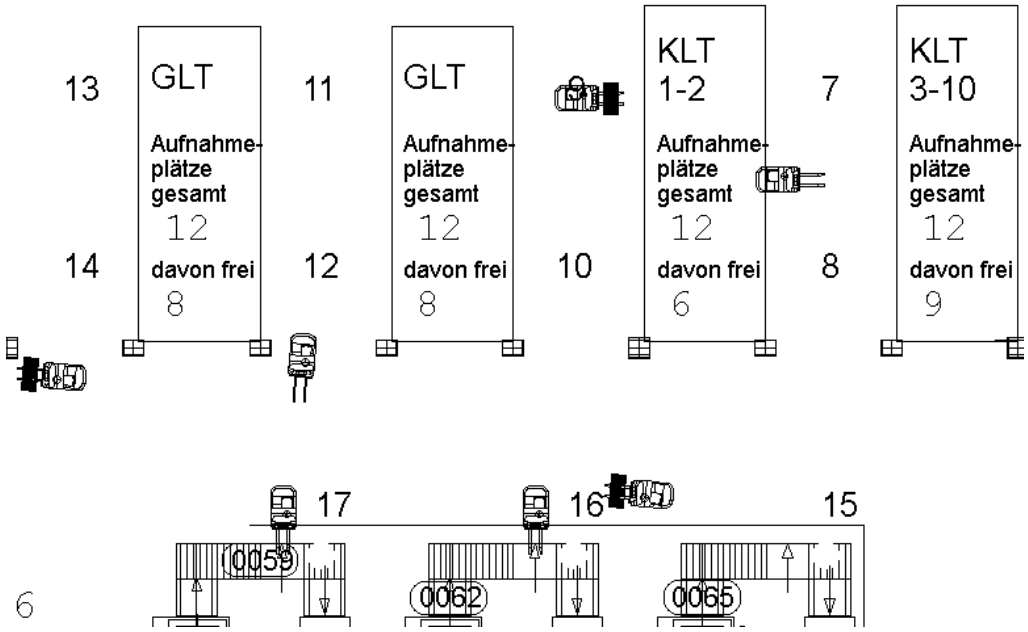


Рисунок 29. Анимационная модель в 2D-пространстве (Proof Animation)

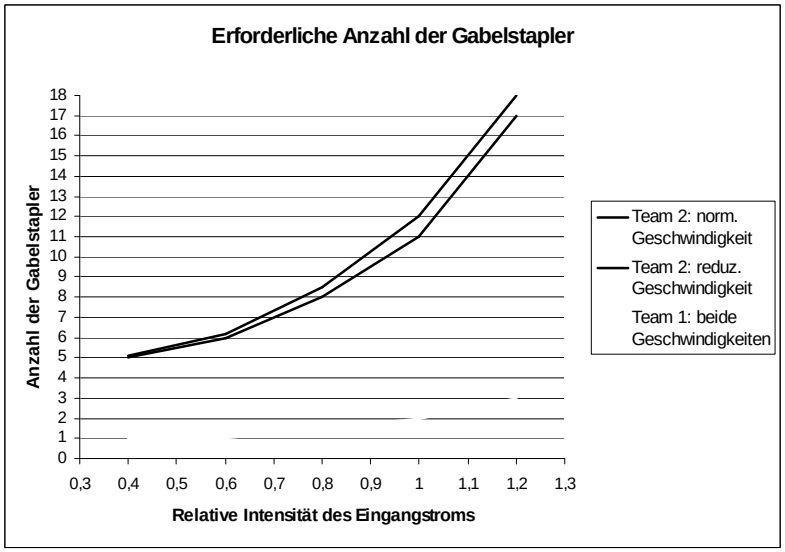


Рисунок 30. Результаты моделирования: требуемое число погрузчиков при различной интенсивности входного потока грузов

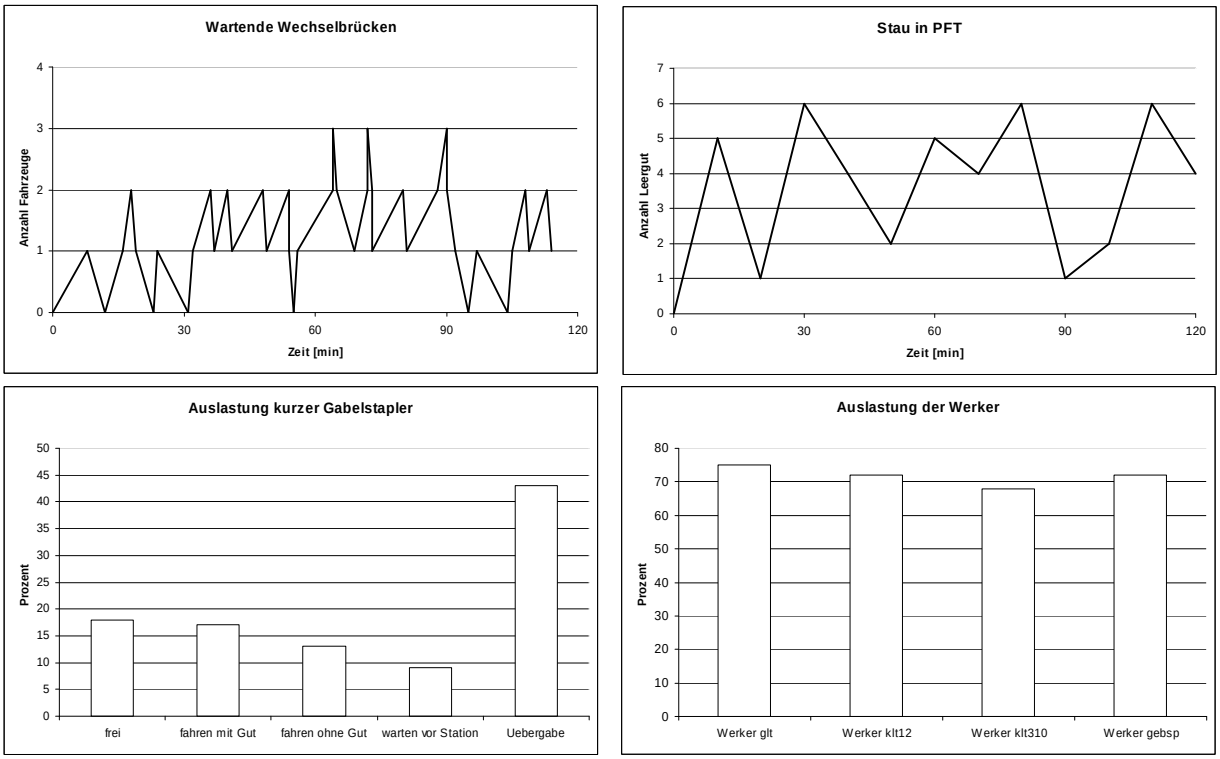


Рисунок 31. Результаты моделирования: динамика очередей ожидания и загрузка ресурсов

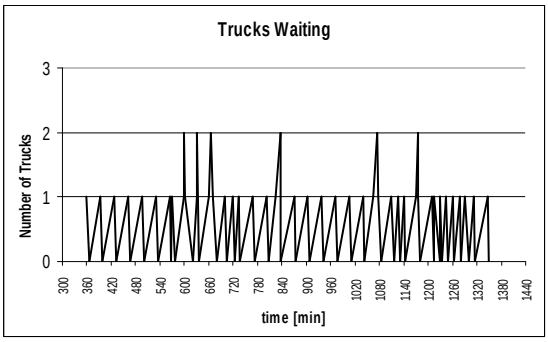
2.4. Модель системы поставок комплектующих

Модель системы поставок комплектующих рассмотрена на примере компании VW (Volkswagen Wolfsburg)(рис. 32 - 34). Исходными данными для построения модели послужила концепция системы снабжения сборочного предприятия (внешняя логистика) (рис. 32).

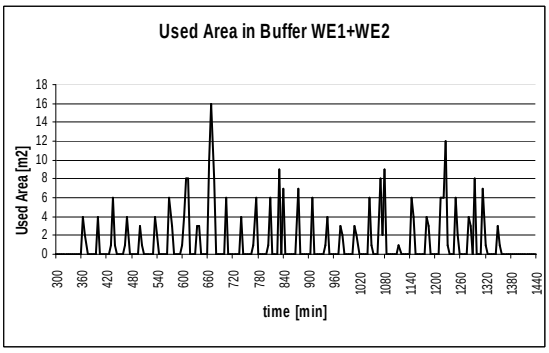
Рисунок 32. Концепция системы снабжения сборочного предприятия

Сравнение результатов моделирования двух сценариев представлено на рис. 33 – 34. На рис. 33 рассмотрены два показателя: время простоя грузовиков (а); площадь, задействованная для погрузки в зоне Buffer WE1+WE2 (б). Показатели - площадь, задействованная для погрузки на складе High Bay Warehouse и время простоя погрузчиков представлены на рис. 34(а) и 34(б) соответственно.

Сценарий 1

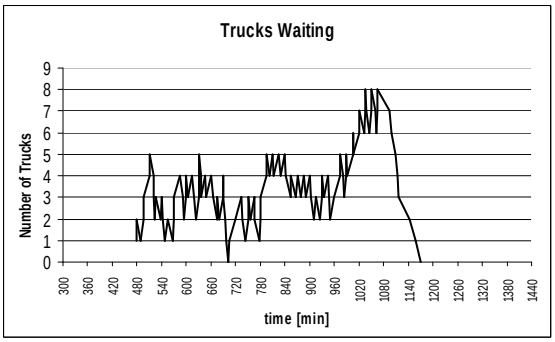


(а)

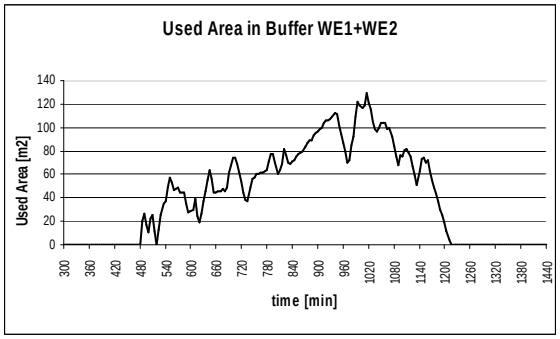


(б)

Сценарий 2



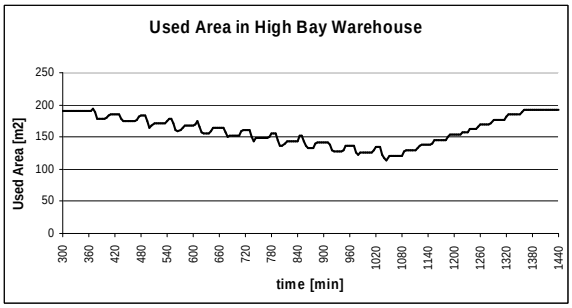
(а)



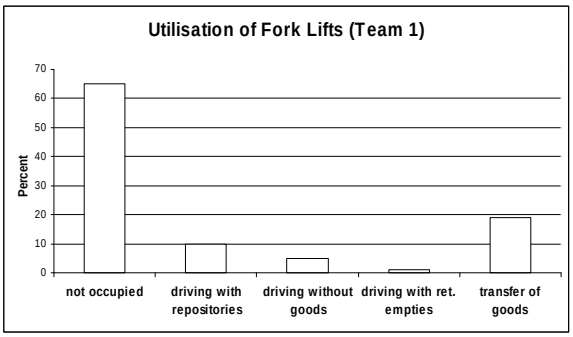
(б)

Рисунок 33. Сравнение результатов моделирования

Сценарий 1

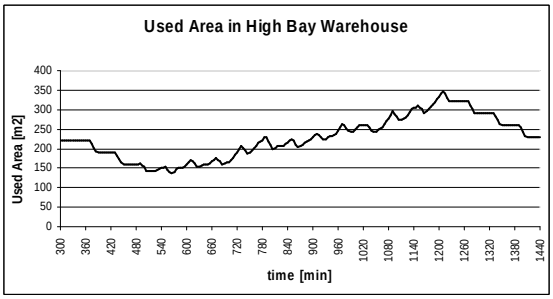


(а)

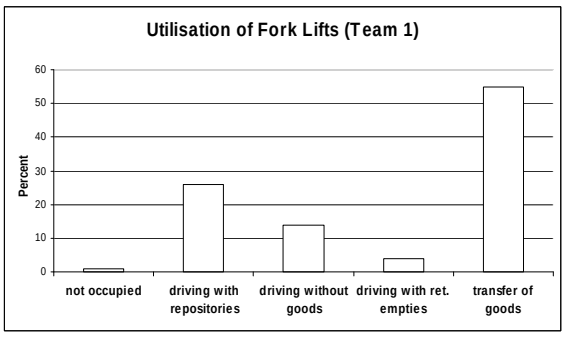


(б)

Сценарий 2



(а)



(б)

Рисунок 34. Сравнение результатов моделирования

3. СТОХАСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

3.1. О теории случайных процессов

Случайный процесс (вероятностный, или стохастический), процесс (т.е. изменение во времени состояния некоторой системы), течение которого может быть различным в зависимости от случая и для которого определена вероятность того или иного его течения.

Типичным примером случайного процесса может служить броуновское движение; другими практически важными примерами являются турбулентные течения жидкостей и газов, протекание тока в электрической цепи при наличии неупорядоченных флуктуаций напряжения и силы тока (шумов) и распространение радиоволн при наличии случайных замираний (федингов) радиосигналов, создаваемых метеорологическими или иными помехами.

К числу случайных процессов могут быть причислены и многие производственные процессы, сопровождающиеся случайными флуктуациями, а также ряд процессов, встречающихся в геофизике (например, вариации земного магнитного поля), физиологии (например, изменение биоэлектрических потенциалов мозга, регистрируемое на электроэнцефалограмме) и экономике.

Для возможности применения математических методов к изучению случайных процессов требуется, чтобы мгновенное состояние системы можно было схематически представить в виде точки некоторого фазового пространства (пространства состояний) R, при этом случайный процесс будет представляться функцией X (t) времени t со значениями из R.

Наиболее изученным и весьма интересным с точки зрения многочисленных приложений является случай, когда точки R задаются одним или несколькими числовыми параметрами (обобщёнными координатами системы).

В математических исследованиях под случайным процессом часто понимают просто числовую функцию X (t), могущую принимать различные значения в зависимости от случая с заданным распределением вероятностей для различных возможных её значений – одномерный случайный процесс; если же точки R задаются несколькими числовыми параметрами, то соответствующий случайный процесс $X(t)=\{X_1(t), X_2(t),..., X_k(t)\}$ называется многомерным.

Математическая теория случайных процессов (а также более общих случайных функций произвольного аргумента) является важной главой вероятностей теории.

Первые шаги по созданию теории случайных процессов относились к ситуациям, когда время t изменялось дискретно, а система могла иметь лишь конечное число разных состояний, т. е. – к схемам последовательности зависимых испытаний (А. А. Марков старший и др.).

Развитие теории случайных процессов, зависящих от непрерывно меняющегося времени, является заслугой сов. математиков Е. Е. Слуцкого, А. Н. Колмогорова и А. Я. Хинчина, американских математиков Н. Винера, В. Феллера и Дж. Дуба, французского математика П. Леей, швед. математика Х. Крамера и др.

Наиболее детально разработана теория некоторых специальных классов случайных процессов, в первую очередь – марковских процессов и стационарных случайных процессов, а также ряда подклассов и обобщений указанных двух классов случайных процессов (цепи Маркова, ветвящиеся процессы, процессы с независимыми приращениями, мартингалы, процессы со стационарными приращениями и др.).

3.2. Виды логистических потоков и их моделирование

При использовании логистического подхода объектом управления становится поток – множество, совокупность объектов, воспринимаемая как единое целое. Этот факт признаётся во всей, многочисленной на сегодня литературе по логистике.

Учёные единодушны во мнении, что поток является не только главной категорией логистики, но и в сочетании “управление потоком” становится основным логистическим инструментом. Несмотря на это, для описания потоков даётся лишь самая простая их классификация (внешний – внутренний, непрерывный – дискретный, детерминированный – стохастический, стабильный – нестабильный, стационарный – нестационарный, равномерный – неравномерный, периодический – непериодический, ритмичный – неритмичный, простой – сложный, управляемый – неуправляемый).

Существующая классификация, по сути, неприменима для составления моделей, характеризующих потоки, и, следовательно, никак не касается дальнейшей работы с ними.

Научное управление потоками требует, на наш взгляд, упорядочения и формализации всего многообразия потоков.

Основными параметрами, характеризующими поток, выступают: начальный пункт потока (a), конечный пункт потока (b), траектория пути (F), длина пути (D), скорость перемещения объектов потока (V), время (t), промежуточные пункты (q), интенсивность потока (λ).

Пусть ρ – поток, S – логистическая система. Тогда состояние потока может быть охарактеризовано с помощью каких-либо численных переменных (его параметров) как функции от времени (2):

$$\rho\ (a, b, F, D, q, V, \lambda\ ) = f\ (t) \qquad (2)$$

Основным параметром, характеризующим поток, является его плотность, представляющая собой количество перемещаемых объектов в единицу времени.

На наш взгляд, существующую условную классификацию потоков можно представить в виде двух укрупнённых видов потоков:

детерминированных и стохастических. Основные модели, представляющие данную классификацию, приведены в таблице (см. ниже).

Детерминированные потоки – это потоки, значения параметров которых являются определёнными на любой момент времени (рис. 35). Интервалы между событиями являются строго одинаковыми и равными определённой неслучайной величине. Поэтому детерминированные потоки также называют регулярными.

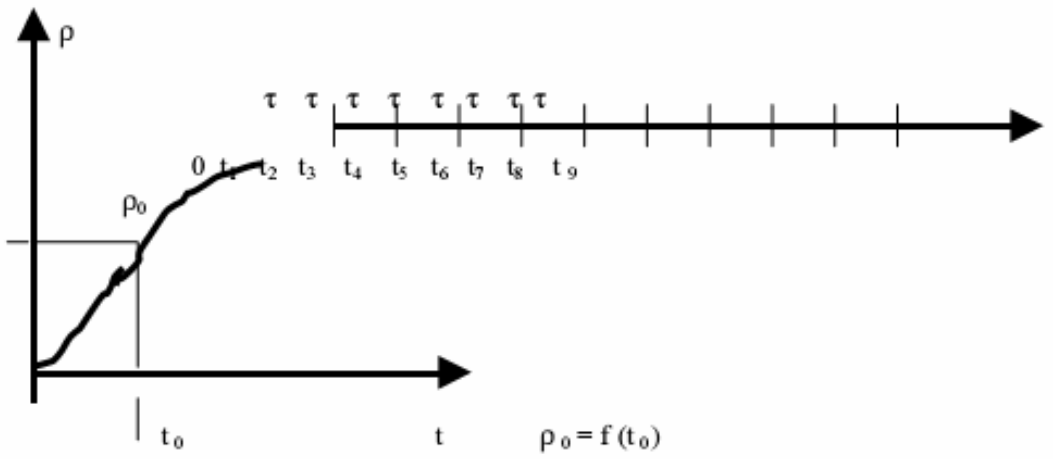


Рисунок 35. Детерминированный поток

Стохастические потоки – потоки, значения параметров которых являются случайными величинами (рис. 36). В том или ином состоянии система находится с некоторой вероятностью Р.

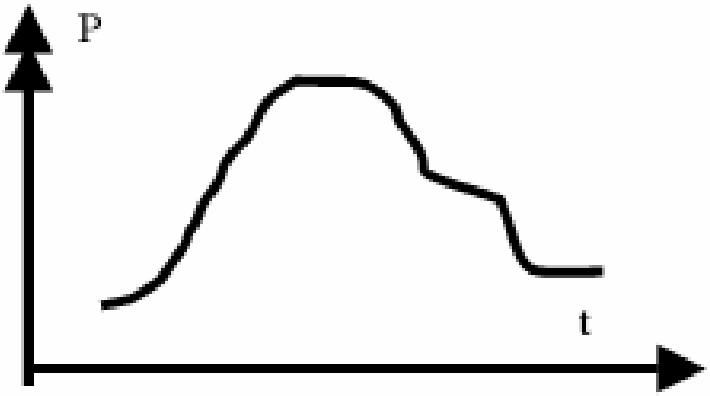


Рисунок 36. Стохастический поток

Детерминированный поток довольно редко встречается на практике; он представляет определённый интерес как предельный случай для других потоков. Вообще, в природе не существует совершенно не случайных процессов, но есть процессы, на ход которых случайные факторы влияют так слабо, что при описании состояния системы ими можно пренебречь. Однако существуют и такие процессы, где случайность играет основную роль.

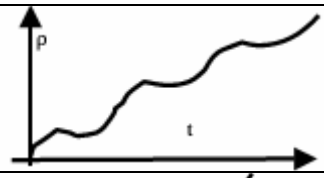
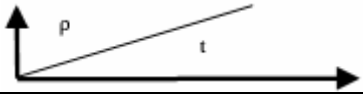
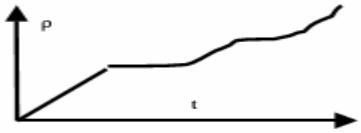
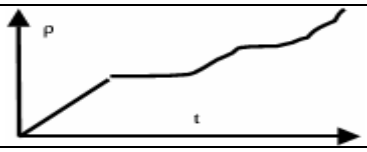
Между двумя крайними случаями лежит целый спектр процессов, в которых случайность играет большую или меньшую роль. Учитывать или не учитывать случайность потока зависит, в основном, от того, какая

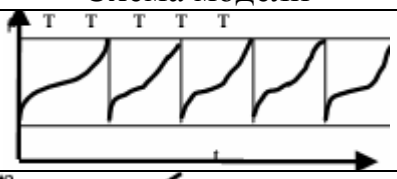
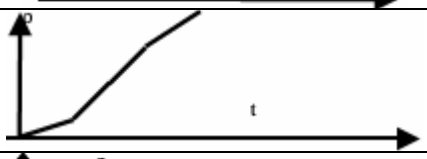
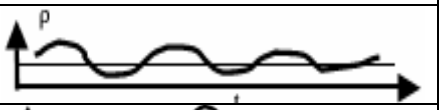
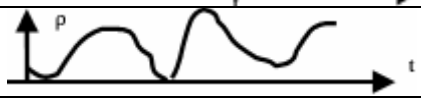
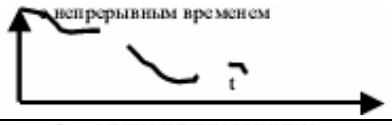
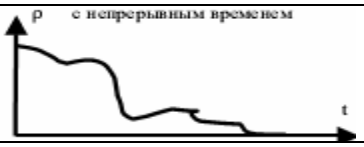
практическая задача решается.

Для определения видов и составления моделей, характеризующих стохастические потоки, важна классификация случайных процессов (рис. 37, табл. 1).

Рисунок 37. Классификация и формализация случайных процессов

Таблица 1. Классификация и формализация случайных процессов

Вид потока	Модель	Схема модели
Детерминированные потоки		
1. Стабильные потоки	P = f (t) = const; t= 0, ∝	
Нестабильные потоки	P = f (t) ≠ const	
2. Равномерные потоки	V = const; S=V*t	
Неравномерные потоки	V = const; S≠ V*t	
3. Периодические потоки	P = f (T)	

Вид потока	Модель	Схема модели
Непериодические потоки	$P = f(t_i)=T$	
4. Ритмичные потоки	P= V1*t1+V2*t2+…+Vn*tn	
Неритмичные потоки	P= f(V,t)	
Стохастические потоки		
1. Стационарные потоки	$\lambda = const$	
Нестационарные потоки	$\lambda \neq const$	
2. Непрерывные потоки	$P = \int_{t1} f(t)dt$	
Дискретные потоки	$P = \sum_{i=1} pi$	

Следует отметить то, что данная классификация, бесспорно, не является исчерпывающей, а также то, что существуют потоки, для которых “случайность” не является определяющим критерием при их отнесении к той или иной группе. Так, внутренние потоки ($\rho \in S$) и внешние потоки ($\rho < S$ либо $\rho > S$) могут быть как детерминированными, так и стохастическими. То же можно сказать и о простых и сложных потоках.

Теорию случайных процессов, по-нашему мнению, можно применить для построения большинства моделей материальных, финансовых и других потоков. Многие прикладные задачи можно решить с помощью сравнительно простых методов расчёта, если отказаться от рассмотрения случайных процессов самого общего вида и ограничиться только процессами, обладающими некоторыми специальными свойствами. Такими, в частности, являются марковские процессы. В отличие от случайных процессов общего вида, исчерпывающей характеристикой которых выступает многомерный закон распределения, для полной характеристики марковских процессов достаточно знать двумерные законы распределения.

Рассмотрим ряд процессов, происходящих на предприятиях автомобильного транспорта. Например, поток заявок на перевозку грузов, обслуживание населения автомобилями-такси, текущий и капитальный ремонт автомобилей, ТО-2, капитальный ремонт агрегатов, организация технической помощи на линии. Во всех этих потоках имеют место

случайные элементы. Так возникновение требований на текущий ремонт автомобиля всегда является случайным. В один момент времени их может быть больше, а в другой – меньше, хотя в среднем за определённое время их число, возможно, будет постоянным. Случайным будет и время, затрачиваемое на текущий ремонт каждого автомобиля, так как оно зависит от того, какая неисправность явилась причиной появления требования на текущий ремонт, от квалификации рабочего и от других факторов. Это свидетельствует о том, что большинство входящих потоков на автомобильном транспорте зависят от ряда случайных факторов, что также относится и ко времени обслуживания. Поэтому эти величины обычно описываются с помощью вероятностных характеристик.

Целью изучения стохастических потоков является обеспечение эффективной работы, которая в каждом случае имеет свой конкретный смысл. Она должна определяться не качественно, а количественно, т.е. определённым числом, что требует математического представления каждого процесса массового обслуживания. Как уже отмечалось ранее, в литературе, касающейся логистических потоков, их математическое представление практически отсутствует.

В теории массового обслуживания, в основном, рассматривают простейший поток требований, то есть обладающий свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последействия.

Стационарность потока состоит в том, что вероятность поступления определённого количества требований в течение определённого промежутка времени зависти только от длины этого промежутка. Например, если определяется количество заявок на текущий ремонт, то неважно с 5-го или 15-го числа начато такое изучение, а важно, что за 15 дней заявок всегда будет больше, чем за 10. **Ординарным** потоком является тот, при котором невозможно или почти невозможно одновременное появление двух или более требований. **Отсутствие последействия** заключается в том, что поступление требований в данный момент не зависит от того, когда и сколько требований поступило до этого момента.

Если имеется простейший поток требований, то их число за промежуток времени (0,t) распределяется по закону Пуассона (3):

$$P_i(t)=\frac{(\lambda t)^i}{i!}\times e^{-\lambda t}, \qquad (3)$$

где Рк(i) - вероятность поступления i требований за время (0,t);

λ - параметр потока, характеризующий его интенсивность.

Плотность потока является, на наш взгляд, одним из основных понятий. Рассмотрим ординарный поток событий (например, поток отказов технического устройства). Обозначим X(t, Δt) случайное число событий, попадающих на элементарный участок (t, t+ Δt):

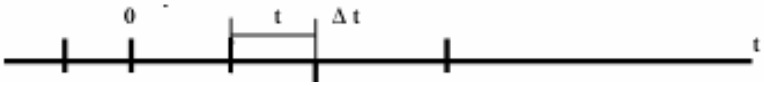


Рисунок 38. Ординарный поток событий

Тогда плотность ординарного потока событий в момент t представится в виде (4):

$$\mu(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\bar{N}(t, t + \Delta t)}{\Delta t} \qquad (4)$$

Физический смысл плотности потока – это среднее число событий, приходящееся на единицу времени, для элементарного участка Δt, примыкающего к t:

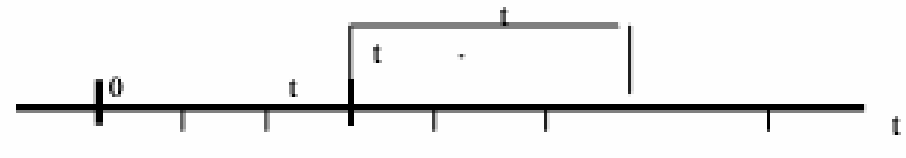


Рисунок 39. Плотность потока событий

Плотность потока событий может быть любой неотрицательной функцией времени: $\lambda(t) \geq 0$ и имеет размерность [1/ время].

Использование такой зависимости, даже для простейшего потока требований, может дать много ценного для организации перевозок. Так, стохастические потоки широко применяются в теории восстановления – разделе теории надёжности технических устройств.

Кроме этого, с помощью методов теории массового обслуживания устанавливается зависимость между характером потоков и параметрами обслуживания, определяются распределения интервалов поступления заявок и времени обслуживания, вероятности состояния системы, очереди заявок, вычисляется пропускная способность системы. Применение математического аппарата теории массового обслуживания может дать, на наш взгляд, много ценного для методического обеспечения логистической деятельности на предприятий.

4. ДИАГРАММЫ ПОТОКОВ, МОДЕЛИ ОЧЕРЕДЕЙ ОЖИДАНИЯ И СЕТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

4.1. Понятие логистической системы

Продвижение материальных потоков осуществляется квалифицированным персоналом с помощью разнообразий техники: транспортные средства, погрузочно-разгрузочные машины и т.д. В логистический процесс вовлечены различные здания сооружения, ход процесса существенно зависит от степени подготовленности к нему, самых движущихся накапливаемых в запасах грузов, совокупность производительных сил, обеспечивающих прохождение грузов лучше или хуже, всегда как-то организованна.

Логистика ставит и решает задачу проектирования гармоничных, согласованных материалопроводящих (логических) систем, с заданными параметрами материальных потоков на выходе.

Отличает эти системы высокая степень согласованности входящих в них производительных сил в целях управления сквозными материальными потоками.

Целостность – система есть целостная совокупность элементов, взаимодействующих друг с другом. Декомпозицию логистических систем на элементы можно осуществлять по разному.

На макроуровне при прохождении материального потока от одного предприятия к другому в качестве элементов могут рассматриваться сами эти предприятия, а также связывающий их транспорт (рис. 40).

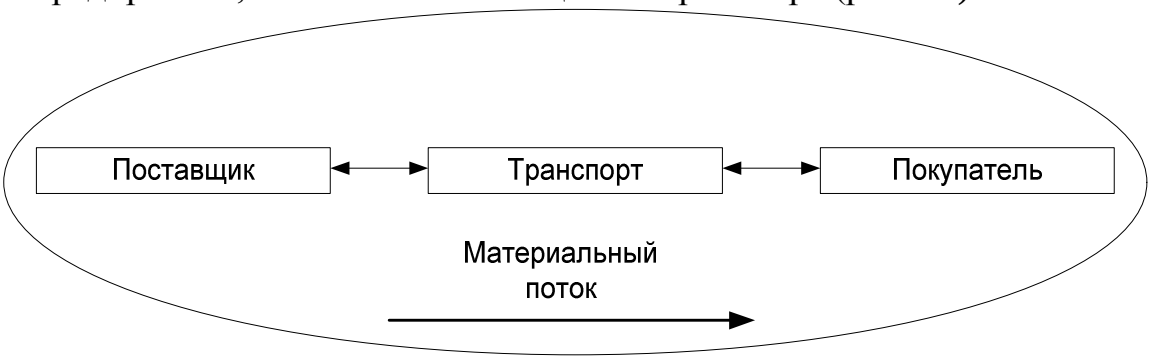


Рисунок 40. Макрологическая система

На микроуровне логистическая система может быть представлена в виде следующих подсистем (рис. 41):

− закупка – подсистема, которая обеспечивает поступление материального потока в логистическую систему;

− планирование и управление производством – эта подсистема принимает материальный поток от подсистемы закупок и управляет им в процессе выполнения различных технологических операций, превращающий предмет труда в продукт труда;

− сбыт – подсистема, которая обеспечивает выбытие материального потока из логистической системы.

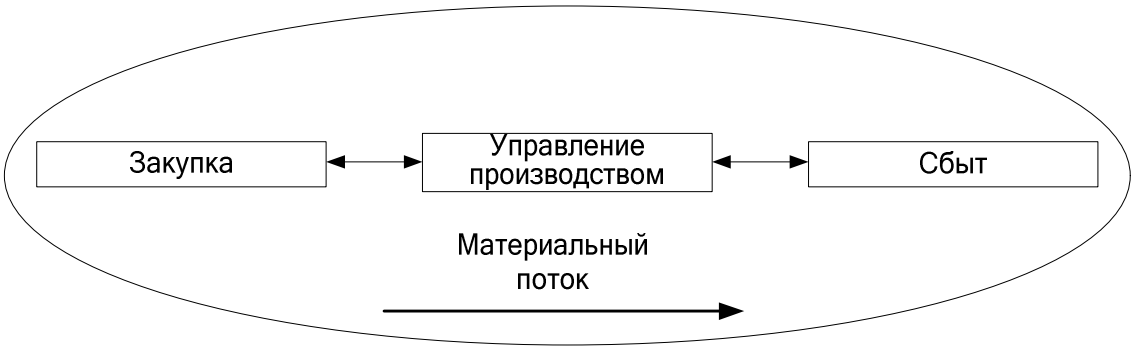


Рисунок 41. Микрологическая система

Как мы видим элементы логистических систем разнокачественные, но одновременно совместимые. Совместимость обеспечивается единством цели, которой подсинено функционирование логистических систем.

Связи – между элементами логистической системы имеются связи которые с закономерной необходимостью определяют интегративные качества. В макрологических системах основу связи между элементами составляет договор. В микрологических системах элементы связаны внутрипроизводственными отношениями.

Организация – связи между элементами логистической системы определенным образом упорядочены, то есть логистическая система имеет организацию.

Интегративные качества – логистическая система обладает интегративными качествами, не свойственными ни одному из элементов в отдельности. Это способность поставить нужный товар, в нужное время, в нужное место, необходимого качества, с минимальными затратами, а также способность адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды.

Логистическую систему, способную ответить на возникающий спрос быстрой поставкой нужного товара можно сравнить с живым организмом. Мускулы это подъемно-транспортная техника, нервная система – сеть компьютеров на рабочих местах, организованная в единую информационную систему. По размерам этот организм может занимать территорию завода или оптовой базы, а может выходить за пределы государства. Он способен адаптироваться, приспосабливаться к возмущениям внешней среды, реагировать на нее в том же темпе, в каком происходят события.

4.2. Виды логических систем

По масштабу сферы деятельности логистические системы подразделяются на макро- и микрологистические системы.

Макрологическая система включает в себя предприятия и организации промышленности, снабженческо-сбытовые структуры и транспортные организации разных ведомств, в различных регионах. В качестве таковых можно рассматривать транснациональные корпорации, трансконтинентальные фирмы, региональные промышленные

объединения, территориально-производственные комплексы.

Построение макрологических систем и управление ими способствует решению таких задач как:

− выработка общей концепции распределения продукции;

− выбор вида транспорта, определение характера взаимодействия транспортных средств, организация технологии транспортного процесса;

− определение рациональных направлений движения материальных потоков;

− выбор пунктов поставки и партнеров-поставщиков сырья, материалов, полуфабрикатов, энергоносителей;

− определение границы зоны обслуживания, обеспечивающей выполнение поставок по принципу «точно в срок»;

− проектирование и организация сети складских систем: центральных региональных, перегрузочных с учетом оптимизации материальных потоков.

Микрологическая система строится с позиций стратегических целей фирм и оптимизации основных оперативных процессов, она охватывает сферу деятельности отдельного предприятия и обеспечивает решение локальных вопросов в рамках отдельных функциональных элементов логистических систем. По функциональному назначению микологические системы подразделяются на системы первого и второго уровня.

Микрологическая система первого уровня отражает логистику предприятия, охватывающую как внутрипроизводственную деятельность предприятия, так и его внешние контакты и связи.

Макрологическая система второго уровня отражает внутрипроизводственную логистику, которая интегрирует процессы планирования производства, сбыта и снабжения, транспортно-складских и погрузочно-разгрузочных работ предприятия.

На уровне макро логистики выделяют три вида логистических систем.

Логистические системы с прямыми связями. В этих логистических системах материальный поток происходит непосредственно от производителя продукции к потребителю, минуя посредников.

Эшелонные логистические системы. В таких системах на пути материального потока, есть хотя бы один посредник.

Гибкие логистические системы. Здесь движение материального потока от производителя продукции к ее потребителю может осуществляться как напрямую. Так и через посредников.

Логистические системы основного звена

Перед рассмотрением системы, построенной, исходя из логистических принципов, отметим подразделение систем продвижения материальных потоков на два вида: толкающий и тянущий.

Толкающая система представляет собой систему подачи материалов, или узлов в производственный процесс или с предыдущей технологической операции на последующую независимо от того, нужны

ли они в данное время и в данном количестве на последующей технологической операции. Толкающая система характерна для традиционной организации: она менее способна к гибкой перестройке, к реагированию на колебания спроса. В системе толкающего типа каждый агрегат связан центральным органом управления.

Первой системой, остававшейся по своей сути толкающей, но уже использовавшей принципы логистики, была система МРП (планирование потребности в материалах). В толкающей системе формулируется перечень необходимых материалов для производства определенного количества готовой продукции в соответствии с прогнозом рыночной конъюнктуры, затем производится формирование заказов поставщикам. МРП располагает широким набором машинных программ, которые обеспечивают согласование оперативное регулирование снабженческих, производственных и сбытовых функций в масштабе фирмы в режиме реального времени.

Для осуществления этих функций в системе МРП используются:

− данные плана производства;
− файл материалов;
− файл запасов.

Формализация процессов принятия решений в системе МРП производится с помощью различных методов исследования операций. Имеется возможность решать задачи расчета потребностей в сырье и материалах, формирования графика производства; выдавать на печать или дисплей формы. Использование МРП позволяет снизить уровни запасов, ускорить их оборачиваемость, сократить количество случаев нарушения сроков поставок.

Определение потребности в материалах предполагает решение ряда задач, в их числе прогнозирование, управление запасами, управление закупками и пр. При решении задач прогнозирования осуществляются: разработка прогноза потребности в сырье и материалах раздельно по приоритетным и неприоритетным заказам, анализ возможных сроков выполнения заказов и уровней страховых запасов с учетом затрат на их содержание и качества обслуживания заказчиков, ретроспективный анализ хозяйственных ситуаций с целью выбора стратегии прогнозирования по каждому виду сырья и материалов.

При решении задач управления запасами производится обработка и корректировка всей информации о приходе, движении и расходе сырья, материалов, комплектующих изделий, учет запасов по месту их хранения, выбор индивидуальных стратегий пополнения и контроля уровня запасов по каждой позиции номенклатуры сырья и материалов, контроль скорости оборачиваемости запасов и т.д.

Для решения задач управления закупками используется файл заказов, в который вводится информация о заказах и их выполнении. Выдача информации может производиться с различной периодичностью. Она

может выдаваться в разрезе поставщика, заказчика, вида сырья и материалов с указанием дополнительных данных.

Тянущая система подачи деталей осуществляется по мере необходимости. В системе тянущего типа управляющие воздействия центрального органа прилагаются только к последнему агрегату логистической системы на выходе готового продукта, а информационные связи, сигнализирующие о состоянии подсистем, направляются от выхода ко входу технологической цепи. Активность предыдущих блоков логистической системы проявляется лишь тогда, когда на следующей ступени уровень запаса материалов достигает минимального значения. Эти связи и обеспечивает реализацию принципа функционирования логистической системы.

4.3. К теории очередей

Теория очередей или, как она именуется в русскоязычной литературе, Теория массового обслуживания (ТМО) представляет собой прикладную математическую дисциплину и является одним из разделов теории вероятности. ТМО занимается исследованием показателей производительности технических устройств или систем массового обслуживания (СМО), предназначенных для обработки поступающих в них заявок на обслуживание.

Термин «массовое» в данном контексте предполагает многократную повторяемость ситуаций в том или ином смысле (много прибывших в систему и обслуженных заявок, большое число находящихся в эксплуатации аналогичных систем) и статистическую устойчивость картины. Выводы и рекомендации, получаемые методами ТМО, применимы лишь при наличии хотя бы одного из названных факторов.

Родоначальником ТМО считается сотрудник копенгагенской телефонной компании известный датский ученный А. К. Эрланг, который первым предположил для описания процессов, происходящих в СМО, использовать марковские процессы с дискретным (конечным или счетным) множеством состояний.

Классическая задача ТМО была сформулирована и решена Эрлангом, имея в виду постановки вопросов, возникших к тому времени в телефонном деле.

Пик своего развития ТМО достигла в 50-70-е годы. Затем интерес к ней несколько ослабел. Это было связано со многими причинами. Одной из них явилось то, что, с одной стороны, характерной особенностью задач ТМО является необходимость почти для каждой СМО искать собственные методы исследования, а с другой - большой интерес исследователей к ТМО привел к тому, что задачи, допускающие простые решения, уже были решены.

Однако в последнее время снова возродился интерес к задачам ТМО, обусловленный не только новыми проблемами, возникшими в практической жизни (особенно в областях, связанных с разработкой и

применением вычислительной техники), но и новыми математическими подходами к их решению.

Теория обслуживания

Каждая СМО состоит из какого-то числа обслуживающих единиц, называемых каналами обслуживания. В качестве «каналов» могут фигурировать: линии связи, рабочие точки, приборы, железнодорожные пути, лифты, автомашины, кассы и т.д. Причем, чем сложнее СМО, чем больше в ней каналов обслуживания, тем точнее оказываются приближенные формулы, полученные с помощью ТМО.

Каждая СМО предназначена для обслуживания какого-то потока требований, поступающих на СМО в какие-то случайные моменты времени. Обслуживание поступившей заявки продолжается некоторое случайное время, после чего канал освобождается и готов к принятию следующей заявки. Случайный характер потока заявок приводит к тому, что в какие-то промежутки времени на входе СМО скапливается излишне большое число заявок (они либо образуют очередь, либо покидают СМО необслуженными); в другие же периоды СМО будет работать с недогрузкой или вообще простаивать.

Самый наглядный пример – кассовый терминал супермаркета. Днем часть касс простаивает, в час пик – всюду очереди. При этом, если бы поток покупателей был равномерным в течение суток, никому не пришлось ждать. Каждая система массового обслуживания, в зависимости от числа каналов и их производительности, обладает какой-то пропускной способностью, позволяющей ей более или менее успешно справляться с потоком заявок. Предмет теории массового обслуживания – установление зависимости между характером потока заявок, числом каналов, их производительностью, правилами работы СМО и эффективностью обслуживания.

Важнейшим фактором, который учитывает ТМО, является случайный характер потока заявок и длительности их обслуживания. В случае нашего примера с супермаркетом – это не только возникновение пиковых нагрузок в определенные часы. Здесь также нужно учитывать и разницу в количестве приобретенного – кто то купил бутылку пепси, кто –то набрал целую тележку. Как следствие – различное время на обслуживание покупателей. Таким образом, в любой СМО происходит какой-то случайный процесс. Изучением этого процесса, математическим его описанием и занимается теория массового обслуживания. А специалист, вооруженный знаниями в области ТМО в состоянии предъявить разумные требования к проектируемой им СМО.

Теория очередей или система с ожиданием

Теория массового обслуживания получила на Западе наименование теории очередей потому, очевидно, что наибольшую практическую ценность имеет изучение систем с ожиданием. В таких системах возможно ожидание для любого числа требований, которые не могут быть обслужены сразу. Они составляют очередь, и с помощью установленных

правил (в математике это называется дисциплиной обслуживания) определяется, в каком порядке ожидающие требования выбираются из очереди для обслуживания. Одним из основных практических вопросов, который позволяют успешно разрешать модели систем с ожиданием, является вопрос о минимизации нахождения в очереди.

Например, в сети клиент-сервер, теория массового обслуживания дает ответ на вопрос: какой сервер необходимо поставить, чтобы клиенты не теряли времени на задержку отклика.

Но вопрос минимизации времени простоя - не единственная практическая польза, которую можно извлечь из изучения систем с ожиданием (в просторечии – из теории очередей). Подобная система имеет массу математических характеристик, которые легко могут быть использованы маркетологами в качестве характеристик эффективности обслуживания. Например:

− среднее количество заявок, которое может обслужить СМО в единицу времени;

− средний процент заявок, получающих отказ и покидающих СМО необслуженными;

− вероятность того, что проступившая заявка немедленно будет принята к обслуживанию;

− среднее время ожидания в очереди;

− закон распределения времени ожидания;

− среднее количество заявок, находящихся в очереди;

− закон распределения числа заявок в очереди;

Модели со стоимостными характеристиками

В последние годы, в том числе и в маркетинге, очень часто используется построение математических моделей. ТМО как раз и обеспечивает нас математическим аппаратом для построения многих бизнес – моделей (или математических моделей бизнеса). И здесь хотелось бы остановиться на одной из важнейших (по крайней мере, для менеджмента) моделей – стоимостной.

Стоимостные модели массового обслуживания направлены на определение такого уровня функционирования обслуживающей системы, при котором достигается «компромисс» между прибылью, получаемой за счет предоставления услуг и потерями прибыли, обусловленными задержками в предоставлении услуг.

Пример. Если вы предлагаете на рынке уникальный товар / услугу, то не важно, сколько времени проведет в очереди ваш клиент. Ведь кроме вас на рынке нет никого с подобным предложением. Если же на рынке конкуренция, то одним из условий успешности будет оказание услуги быстрее (в том числе). Если покупателю надоест постоянно стоять в очереди в кассу – он просто будет отовариваться в другом магазине. Значит, нужно поставить больше касс, повысить уровень обслуживания,

сохранить клиента. ТМО говорит, что по мере того как затраты, связанные с обслуживанием, возрастают из-за повышения уровня обслуживания, выраженные в экономических терминах потери, связанные с ожиданием, должны уменьшаться. Только важно, чтобы затраты компенсировались ликвидацией потерь. Именно эту «золотую середину» и позволяет установить данная модель.

Наиболее доступно продемонстрировать преимущества, предоставляемые ТМО, можно на примере работы службы диспетчеров крупного аэропорта.

Аэропорт имеет два потока – входящий (садящиеся самолеты) и исходящий (взлетающие). Применение ТМО позволяет управлять этими потоками, руководствуясь самыми разнообразными показателями, критическими в данный момент времени. Так, если нужно минимизировать количество пассажиров в залах ожидания, то в первую очередь следует сажать самолеты с минимальным количеством пассажиров на борту и отправлять с максимальным. Зачастую требуется осуществить операцию с приоритетом – когда вследствие крайней необходимости разрешается посадить первым самолет, прибывший позже. Нередко приоритет на посадку дается реактивным самолетам из-за ограниченного запаса топлива. Иногда порядок обслуживания таков, что прибывающий самолет присоединяется к очереди эшелонированных самолетов, ожидающих посадки, а затем выбор самолета на посадку производится случайным образом (одна из форм обслуживания с приоритетом). Так, если самолет находится ближе других к точке, в которой он может выйти из зоны ожидания, то ему будет дана команда на посадку.

ТМО широко применяется в логистике, в том числе для минимизации сроков простоя транспорта при погрузоразгрузочных работах.

Идеи и методы теории массового обслуживания приобретают весьма широкое распространение во многих прикладных областях, и все больше выходят за пределы задач, связанных с «обслуживающими организациями» в буквальном смысле слова. Если ранее в качестве основных областей приложения этой теории указывались задачи телефонии, бытового обслуживания, торговой сети, здравоохранения и так далее, то теперь она находит применение при исследовании динамики функционирования сложных систем автоматического управления, исследовании технологических процессов крупных промышленных предприятий, снабженных средствами комплексной автоматизации и механизации, в области организации и планирования производства и других областях бизнеса. Как своеобразные системы массового обслуживания могут рассматриваться: электронные цифровые вычислительные машины; системы сбора и обработки информации; транспортные системы; системы противовоздушной обороны и т. д.

Близкими к задачам теории массового обслуживания являются многие задачи, возникающие при анализе надежности технических устройств.

5. ПЛАНИРОВАНИЕ И РУКОВОДСТВОЭКСПЕРИМЕНТАМИ ПО СИМУЛЯЦИИ

Менеджеры в 2006 году впервые попробовали свои силы в международном соревновании Global Management Challenge. Украина начала участвовать в этом состязании раньше других стран СНГ и Балтии. Представляем впечатления украинских менеджеров, которые оценивали не только собственные возможности, но и потенциал соревнования как HR-инструмента.

Менеджеры выступали в составе команды журнала «Менеджер по персоналу» Winners Expert, в которую входили директора по персоналу крупных компаний. Нашей задачей было (кроме победы, конечно!) дать экспертную оценку бизнес-симулятора, оценить его диагностический и развивающий потенциал.

Бизнес-симуляции (или, как их еще называют, виртуальные тренажеры) – достаточно новый продукт на рынке, не все менеджеры по персоналу знакомы с его возможностями. Сначала несколько слов о том, что это такое. Global Management Challenge – соревнование по стратегическому менеджменту для управленцев. Около 400 виртуальных компаний, которые представляют команды-участниины, соревнуются друг с другом в общей бизнес-среде. Сложная компьютерная программа воспроизводит текущую экономическую ситуацию в мире и модулирует изменения конъюнктуры на европейских и мировых рынках. Причем в основе игровых моделей лежат реальные ситуации недавнего прошлого – битвы гигантов телекоммуникационной индустрии и хай-тека. Идея проводить такие соревнования пришла в голову 26 лет назад португальцу Луису Алвес Косте, профессору школы бизнеса. Сложную компьютерную программу разработали специалисты Операционного департамента исследований Университета Стратклида (Шотландия). Оказалось, что экстремальные эмоции дает не только дайвинг или прыжки с парашютом: интеллектуальные сражения на уровне борьбы стратегий для прирожденных управленцев не менее увлекательны! С тех пор ежегодно в «тихие битвы включается более 15 тыс. «белых воротничков» из 22 стран мира. В них участвуют собственники и топ-менеджеры, специалисты и миддл-менеджеры. В 2006 году Украина первой из стран СНГ и Балтии принимала участие в соревновании.

На начальном этапе в него включились 192 команды, представлявшие ведущие компании нашей страны. Лучшие команды в каждой группе выходили в следующий тур. Победитель национального финала (в этом году им стала команда «Укрэксимбанк-Стратеги») представлял Украину на международном финале в Макао (Китай).

Каждая команда (до пяти человек) управляет своей виртуальной компанией, которая представлена основными подразделениями:

маркетинг, производство, управление персоналом и финансы. При этом нужно еще выполнять функции отделов инноваций, продаж, логистики и рекламы. Перед началом соревнований все команды получают «Правила» и «Историю компании» (информацию о деятельности за предыдущий период) — пять управленческих отчетов. Истории идентичны, все команды начинают свою деятельность с одинаковыми исходными данными. В «Правилах» приводится достаточно детальное описание работы и взаимодействия основных подразделений, требования к управленческим решениям.

Команда принимает необходимые управленческие решения и регистрирует их на сайте игры. После окончания этапа участники получают «Управленческий отчет» (см. Официальные документы GMC Russia), в котором отражаются основные показатели деятельности компании за прошедший период. В отчет включены данные о производстве, продажах, увольнениях и забастовках персонала (могло быть и такое!), баланс компании, информация о конкурентах и изменениях на мировых рынках. Эта информация является основой для принятия стратегических решений на следующий квартал.

Все команды играют на мировых рынках (ЕС, долларовая зона НАФТА, интернет). Главная цель участников — добиться наибольшей стоимости акций компании на виртуальной бирже. Участники не знают, какие решения принимают соперники, что делает симуляцию еще более интересной и реалистичной.

Каждая команда должна выполнять обязанности высшего руководства компании: разработать и через серию управленческих решений воплотить в жизнь свою стратегию развития бизнеса. Чаще всего команды используют два варианта «реализации управленческой ответственности»:

1. Участники делят между собой функциональные направления (каждый специалист отвечает за конкретный процесс), самостоятельно готовят предложения и согласовывают в рамках совместно вырабатываемой стратегии.

2. Четкое распределение по функциональным направлениям отсутствует, все решения прорабатываются сообща.

Мы выбрали второй вариант управления компанией, что требовало от всех нас широких знаний по разным функциональным составляющим бизнеса. Нам нужно было понять заложенные в модели симулятора закономерности, выявить зависимости между основными параметрами деятельности маркетингового, производственного и финансового подразделений. Кроме того, необходимо было оценить влияние каждого из принимаемых нами решений на общую стоимость бизнеса. Мы отслеживали влияние изменений стратегии управления персоналом на объемы и качество производства, рекламной и инновационной политики — на результаты продаж и т.д. Все это стало прекрасным тренингом для каждого участника команды. Чтобы оценить качество доставшегося нам

бизнеса, оптимизировать управление компанией и выработать стратегию, потребовалось узнать много новой информации, развить новые умения.

Хотя структура и основные принципы действия виртуальной компании достаточно просты, большое количество влияющих на ее работу дополнительных факторов, а также реальное давление компаний-конкурентов делает решение управленческих задач сложным и увлекательным.

Нам потребовалось время, чтобы понять взаимовлияние заложенных в модель симулятора условий, оценить степень их чувствительности к изменениям. (Для облегчения принятия решений можно попробовать переложить функционирование виртуальной компании на собственный реальный бизнес и управлять по аналогии.)

Важными условиями достижения успеха в соревновании являются:

− разработка стратегии ведения бизнеса (даже очень эффективного операционного менеджмента недостаточно);

− слаженная работа всех членов команды, эффективная коммуникация:

− глубокое понимание принципов эффективного управленческого учета;

− расчет при принятии управленческих решений нескольких вариантов, учитывающих все параметры.

Решение по каждому ключевому вопросу влияет на «виртуальную» прибыль, на привлекательность бизнеса и в конечном итоге — на биржевую стоимость акций компании. Чтобы не тратить время на рутинные операции, команда может разработать специальные таблицы (или даже несложные программы), которые помогут быстро просчитывать варианты решений и оценивать их влияние на итоговые финансовые показатели. Победа зависит от того, насколько грамотные экономические модели компании и рынка в целом смогут построить участники команды, насколько учтут в этих моделях чувствительность и вариабельность основных параметров. В реальной жизни топ-менеджеры тоже строят бизнес-модели, и их эффективность напрямую определяет общую стоимость бизнеса.

Участники нашей команды Winners Expert поставили перед собой задачу: дать экспертное заключение о возможностях компьютерной бизнес-симуляции как дополнительного ресурса оценки персонала и перспектив его использования в бизнес-образовании.

Для этого мы не просто ознакомились с правилами соревнования (более 80 страниц), но и сами приняли участие в двух этапах. Пришлось осваивать маркетинг, финансы и производство, причем на вполне профессиональном уровне. Это было нелегко, особенно с учетом того, что участники команды представляли различные компании из разных городов Украины. Очень сложно было найти время для того, чтобы разобраться с инструкциями, продумать варианты решения, посовещаться.

На протяжении первого этапа наша команда устойчиво занимала первое место в своей группе и вышла на второй этап с 15 местом в общем рейтинге курсов акций (из 192!). На втором этапе в нашу группу вошли очень сильные команды, но мы, невзирая на ряд досадных ошибок (все как в жизни…), устойчиво держались на четвертом месте, закончив этап с далеко не худшими показателями.

Несмотря на то, что это был классический эксперимент с «включенным наблюдением», остаться бесстрастными экспертами-наблюдателями нам не удалось! Мы очень хотели победить! Как оказалось, игровой потенциал у соревнования просто огромный: успехи (и, увы, ошибки) виртуальной компании вызывали нешуточные эмоции! У нас были и бессонные ночи, и захватывающие стратегические идеи, мы вели долгие телефонные дебаты, обосновывая друг другу свое видение стратегии развития компании, просчитывали логику принятия решений конкурентами, искали способы преодоления разногласий.

Результаты отчетов иногда опровергали наши прогнозы, рынок вел себя непредсказуемо, а конкуренты отчаянно демпинговали. Минимальные изменения приводили к самым неожиданным последствиям, решения приходилось принимать даже тогда, когда смутно понимаешь, чем за это поплатишься.

Нас объединяло желание разобраться во всех тонкостях стратегии, показать наилучшие результаты, дойти вместе до конца и победить! И каждый из нас рад, что мы вместе прожили это напряженное время поиска решений, побед и неудач, признателен коллегам за поддержку, понимание, взаимопомощь и чувство команды.

Проанализировав пройденный и в качестве участников, и в роли экспертов путь, мы хотим поделиться с коллегами своими наблюдениями и выводами.

Принципы комплектования команд участников могут быть разными:

− команда топ-менеджеров. Такая группа способна «экспериментировать» со стратегическим планированием, отточить навыки командного взаимодействия. Руководители смогут «в действии» познакомиться со стратегиями, которые реализуют топ-менеджеры, работающие на других рынках, достаточно объективно оценить свою квалификацию «стратегов»;

− кроссфункциональные команды. Совместная работа руководителей, менеджеров среднего звена и специалистов различных отделов позволяет наладить эффективные коммуникации между функциональными подразделениями (и даже отдельными предприятиями холдинга);

− кроссуровневые команды. Включая в одну группу опытного руководителя функционального направления и молодых специалистов, компания фактически проводит обучение молодежи. Работа в бизнес-симуляции приближена к реальной деятельности, что позволяет «прицельно» развивать управленческие навыки, необходимые для работы

именно в этой организации, приобщать молодежь к корпоративной культуре;

− «Молодежные» команды. Собрав амбициозных, мотивированных молодых менеджеров и специалистов, компания дает им прекрасный шанс проявить себя, в соревновании с менеджерами других компаний показать, чего они стоят. В результате организация получает «сыгранную» проектную группу для развития новых бизнес-направлений.

В управлении компанией основой успеха является баланс эффективности всех направлений деятельности. Достичь этого можно только в результате грамотной организации бизнес-процессов, слаженной командной работы и эффективной коммуникации. Один из наиболее значимых результатов симуляции состоит в том, что все участники на личном опыте приходят к пониманию важности этих основ менеджмента.

Соревнование позволяет HR-у провести диагностику и оценку ключевых компетенций менеджеров, понять, могут ли управленцы:

− создавать эффективные бизнес-модели;

− разрабатывать стратегии, ставить цели;

− принимать эффективные управленческие решения (в условиях недостатка важной информации, с учетом взаимосвязи и взаимовлияния множества самых различных факторов);

− оценивать риски, прогнозировать последствия принимаемых решений;

− действовать проактивно (просчитывать решения на несколько шагов вперед, влиять на действия конкурентов, изменять рыночную ситуацию);

− работать в команде (воспринимать знания и опыт коллег как общий ресурс, согласовывать интересы, распределять ответственность, разрешать конфликты).

Кроме того, во время участия в соревновании можно оценить:

− особенности мотивации (направленность на достижение успеха или избегание неудач, готовность человека прилагать личные усилия для повышения квалификации и развития);

− навыки самоменджмента (умение распределять время, эффективно организовывать свою работу).

Участие в соревновании дает возможность менеджерам высшего и среднего звена подтвердить свою квалификацию, продемонстрировать готовность работать в высококонкурентных условиях открытых рынков, гибко использовать маркетинговые и финансовые инструменты для управления компанией.

Выявить управленческий потенциал молодых специалистов, оценить их готовность осваивать новые сложные направления деятельности непросто. Бизнес-симулятор может быть использован в качестве инструмента для оценки потенциала менеджеров, выявления «золотого управленческого резерва» компании.

Виртуальный тренажер может выступать как экспериментальная площадка, где менеджеры ищут нестандартные управленческие решения, апробируют новые стратегии развития компании в условиях мировых рынков (что очень важно – не подвергая собственную организацию финансовым рискам).

Обязательно нужно воспользоваться возможностями, которые предоставляет соревнование для целенаправленного обучения менеджеров. На академических лекциях в вузе не научишься стратегическому управлению; участие в бизнес-симуляции помогает менеджерам понять «цену» хорошей стратегии в условиях равной доступности ресурсов и высокой конкурентности. Высокий темп игровых «событий» (один условный квартал проходит всего за неделю) помогает увидеть динамику изменений и оценить отдаленные последствия принятых управленческих решений.

Все члены команды начинают «видеть» компанию с точки зрении топ-менеджера — как единый целостный организм; они лучше понимают основные бизнес-процессы и взаимосвязи между отдельными подразделениями. Участники команды выходят за рамки своей узкой специализации, решают непривычные проблемы и задачи. Становится очевидна необходимость и серьезной аналитической работы, и поиска нестандартных идей, и продуктивной коммуникации с партнерами.

Во многих отечественных компаниях конфронтация между аккумулирующими прибыль и «затратными» отделами зачастую не позволяет эффективно реализовывать самые сильные стратегические планы, приводит к провалам и внутренним диссонансам. (Участники других команд не раз отмечали, что наибольшие сложности возникали именно с организацией внутригрупповых взаимоотношений.) Победа в бизнес-симуляции во многом зависит от согласованности командной работы, а для этого специалистам разных департаментов нужно на практике научиться конструктивно работать вместе.

Во время командной работы также происходит эффективная передача опыта. Особую ценность в этом отношении представляют смешанные группы, составленные из специалистов разных направлений, разного уровня или с различным опытом работы. Особенно важно, что в процессе совместной групповой деятельности происходит усвоение «неявных» знаний – корпоративных стандартов принятия практических решений, поведенческих образцов, способов коммуникации и т. п. Эти знания очень трудно формализовать и описать.

Одно из важнейших качеств успешного менеджера – умение строить адекватно сложные модели деятельности компании и «работать» с ними. Именно от полноты и согласованности бизнес-модели зависит, сможет ли менеджер делать эффективные прогнозы изменений, принимать «хорошие» решения при отсутствии нужной информации, достраивая ее в местах «разрывов». Моделирование бизнеса на тренажере помогает понять

взаимосвязь ключевых управленческих показателей, взаимное влияние разных бизнес-процессов. Участие в соревновании предоставляет широкие возможности для развития менеджеров. При освоении новых сфер деятельности, междисциплинарных знаний, новых моделей принятия решении, эффективных форм коммуникации происходит не просто повышение квалификации, а именно развитие.

Чтобы использовать бизнес-симуляцию как диагностический инструмент, нужно организовать наблюдение за работой участников, провести оценку ключевых компетенций менеджеров до начала и после окончания соревнования. Оценивать можно знания и навыки менеджера в профильной для него области деятельности (маркетинг, производство, финансы) и в «далеких» от его специализации областях. Можно также проанализировать качество принимаемых управленческих решений и предлагаемых стратегических идей (для экспертной оценки целесообразно привлекать руководителей компании).

Для директора по персоналу бизнес-симулятор является своего рода неформальным Assessment Centre – участие в соревновании можно рассматривать как процедуру оценки менеджеров по ключевым компетенциям. Конечно, для этого нужно творчески отнестись к возможностям, которые предоставляет тренажер. Заниматься этим есть смысл, когда для компании важно оценить именно управленческие компетенции своих менеджеров: умение решать проблемы, грамотно принимать решения, понимать логику действий конкурентов и учитывать ее при разработке стратегии. С помощью формальных процедур оценить потенциал – имеющиеся, но пока не реализованные и лаже не проявившиеся способности – очень трудно. Эффективнее уценивать их в реальной деятельности, но доверить компанию молодым специалистам – вчерашним выпускникам – вряд ли кто из собственников рискнет. Бизнес-симулятор моделирует управленческую деятельность достаточно реалистично, участники могут продемонстрировать не только наличный уровень знаний и умений, но и обучаемость, умение строить сложные бизнес-модели, оптимизировать свою собственную деятельность.

Подготовка команды к участию в соревновании может быть организована как целевая обучающая программа, в которую входят систематические консультации участников ведущими специалистами компании, помощь в налаживании коммуникаций, тематические курсы (финансы, управленческий учет, логистика и т.д.). Когда у человека есть конкретная проблема и мотивация для ее решения, знания усваиваются значительно быстрее и эффективнее, чем при обучении «впрок», «вообще».

6. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СИМУЛЯЦИИ

6.1. Мотивация и цели моделирования потоков данных в системах оперативной логистики

Применение новых информационных технологий в логистических сетях:
автоматическая идентификация, определение местоположения объектов (ОМПО), сбор данных о состоянии объектов, отслеживание движения объектов, связь с объектами и управление ими на протяжении всей логистической цепи.

Отслеживание движения объектов различных уровней иерархической вложенности, например:

- изделие A;
- упаковка B;
- ящик C;
- поддон D;
- контейнер E;
- грузовой а/м F;
- участок автотрассы между пунктами G и H.

Цель применения систем автоматической идентификации и ОМПО: фиксировать события, на базе которых определяется пространственная принадлежность каждого подвижного объекта – единицы товара, грузовой единицы или транспортного средства – в любой текущий момент времени или в любой заданный момент времени, относящийся к прошлому (расширенный Tracking & Tracing) (рис. 42 - 44).

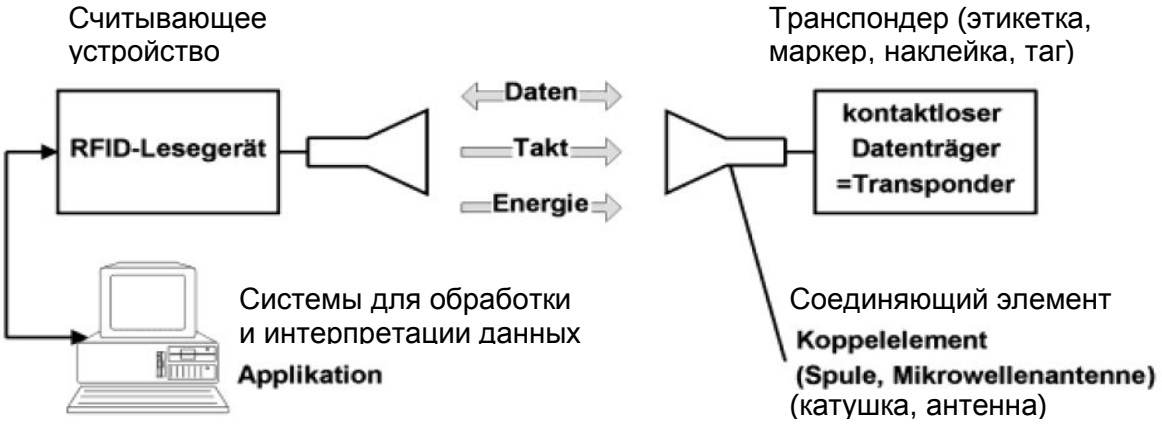


Рисунок 42. RFID система

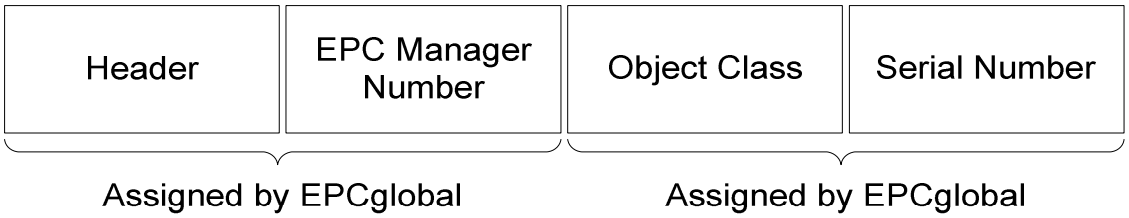


Рисунок 43. RFID код как носитель информации

Радиочастотная идентификация (RFID) — это технология, позволяющая идентифицировать помеченные предметы без использования считывающего луча. Для ее работы необходимы метка, устройство чтения и компьютерная система. Метка, содержащая крошечный микрочип и антенну, помещается на предмет.

Для большинства меток, которые обычно содержат информацию в виде уникального серийного номера, не требуется внешний источник питания. Такие метки называются "пассивными". Устройство чтения, находясь вблизи помеченного предмета, посылает на метку маломощный сигнал. Метка "просыпается" и отвечает, передавая свой уникальный идентификатор на устройство чтения. Устройство чтения посылает число в компьютерную систему.

Метки и устройства чтения могут устанавливать связь разными способами. Чтобы они могли "разговаривать", метки и устройства чтения должны следовать одним и тем же многочисленным стандартам. Не всякое устройство чтения может читать все типы меток.

Метки различаются по размеру, что в основном зависит от антенны. Они могут быть очень маленькими и быть вмонтированными как в продукт, так и в прикрепленную к нему этикетку. Другие метки большие, размером с ладонь, и прикрепляются к контейнерам или поддонам с товарами. Одни метки содержат много информации, а другие - только уникальный идентификатор.

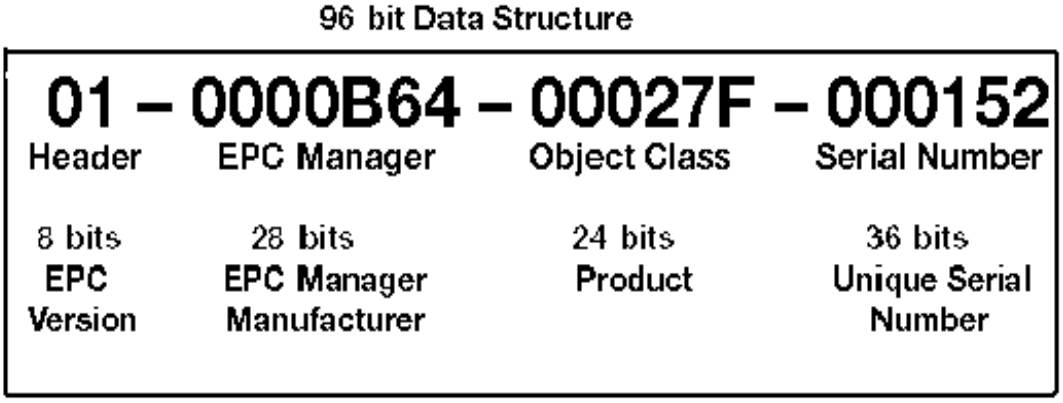


Рисунок 44. Структура EPC кода

Электронный код продукта (EPC) представляет собой идентифицирующий код или номер. В отличие от штрих-кода, который помогает отличить банку супа от коробки шоколадного печенья, электронный код продукта может обозначать конкретную банку или конкретную коробку благодаря уникальному идентификатору.

Электронный код не содержит персональных данных. Некоторые эксперты полагают, что в ближайшие годы EPC и RFID станут такими же распространенными, как и штрих-код сегодня. И в самом деле, их часто называют штрих-кодами нового поколения.

96-битовое EPC-кодирование:

− 68 миллиардов seral numbers;

− 268 миллионов производителей товаров.

Передача и использование EPC (рис. 45).

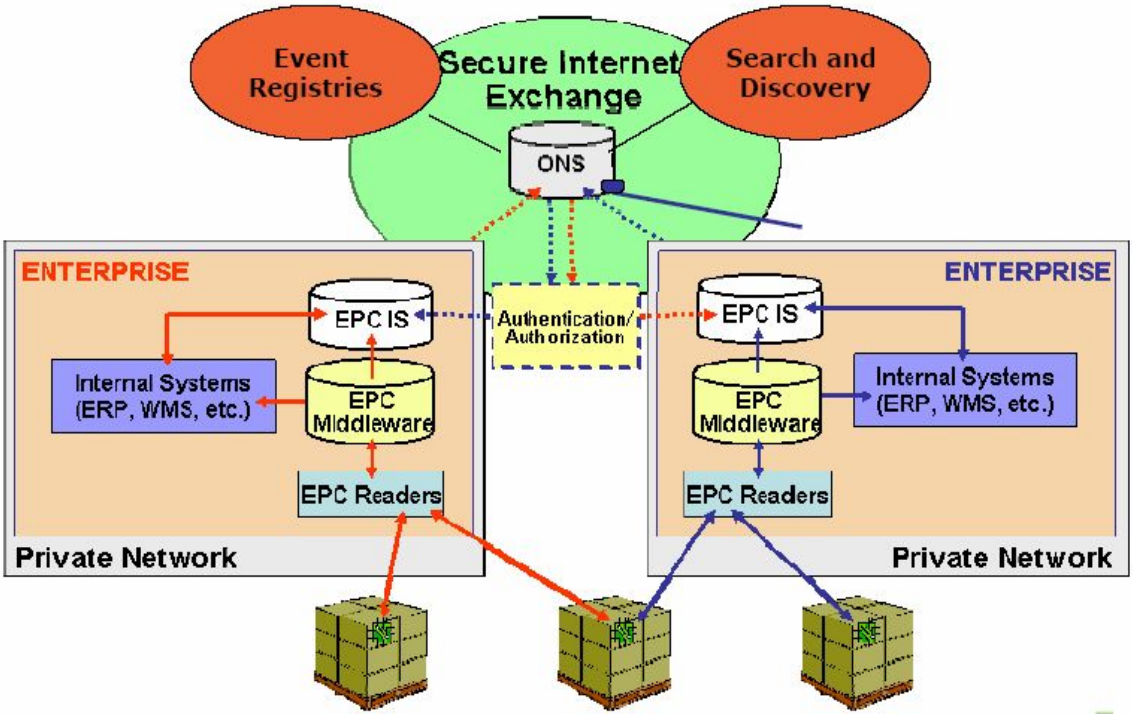


Рисунок 45. Передача и использование EPC

Когда предмет помечен, для передачи идентифицирующей информации на радиочастоте требуются устройство чтения и компьютерная система. Устройство чтения может быть стационарным или ручным мобильным. Антенна может быть встроенной в устройство или внешней. В считывающее устройство также входят электронные компоненты и источник питания, например аккумулятор.

В типовых применениях радиометок в торговле используются пассивные метки, считываемые стационарными устройствами на складских воротах оптовой базы. Когда рабочий перемещает поддон или ящик со склада на погрузочную площадку, устройство считывания радиометок на воротах склада активизируется и считывает метку с поддона или ящика.

В большинстве случаев информация, полученная считывающим устройством, представляет собой длинный номер, не содержащий персональных данных или данных о продукции. Она просто является уникальным идентификатором предмета. Иными словами, она отличает одну плитку шоколада от другой.

Номер, переданный в базу данных системы с помощью считывающего устройства и специальной программы, может ассоциироваться с важной информацией, такой как дата изготовления и место в цепи поставок, номер серии и партии, а также записи о промежуточных поставщиках. Если плитка шоколада испортилась, эта информация может оказать поставщикам большую помощь в поиске источника проблемы. Она также помогает поставщикам и розничным продавцам вести учет, поэтому вы можете быть уверены, что нужная плитка шоколада непременно окажется на полке, когда вы зайдете в кондитерский отдел.

Определение местоположения объектов на базе WLAN(рис. 46)

Технология Idente позволяет определять местоположение объектов на основе оценки напряженности поля.

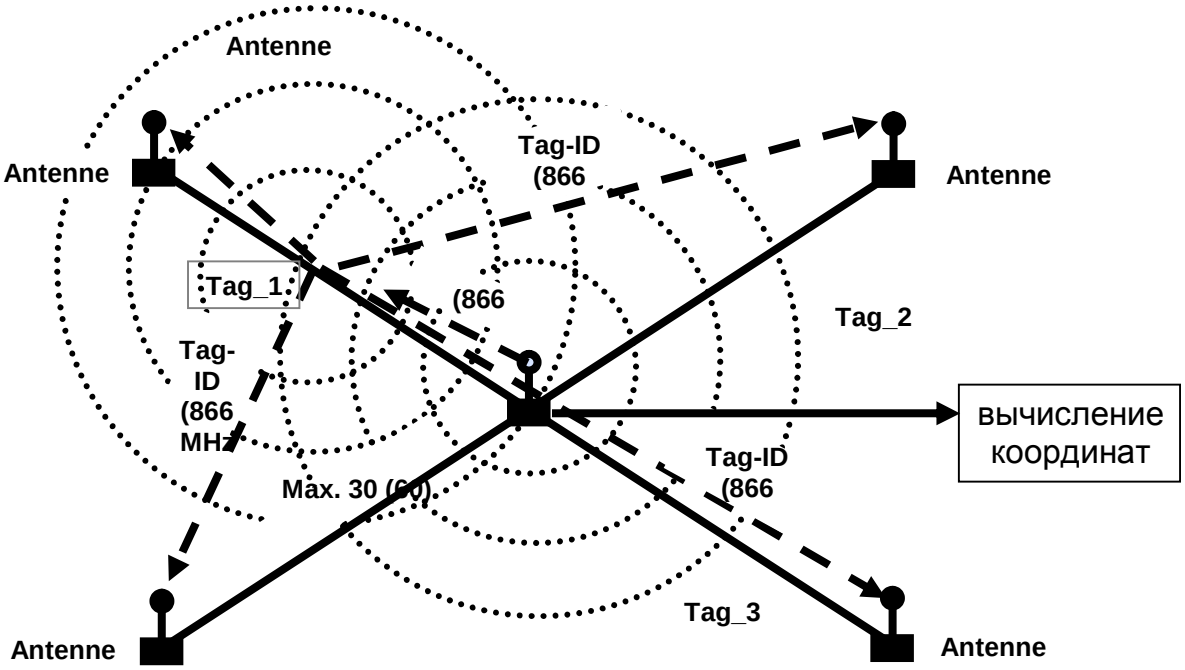


Рисунок 46. Технология Idente

Концепция применения моделей в логистических системах управления (рис. 47).

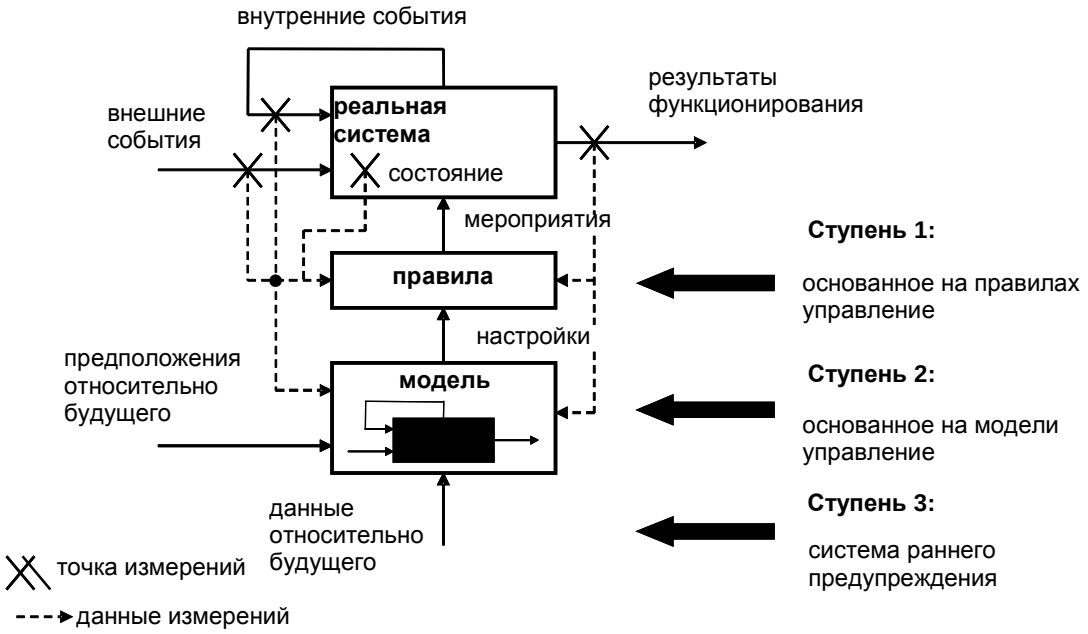


Рисунок 47. Концепция применения моделей в логистических системах управления

Необходимость разработки концептуальных моделей

На сегодняшний день просто отсутствует теоретическая база, которая способствовала бы проведению успешного диалога между логистами и информатиками на всех этапах разработки и реализации систем управления, предназначенных для работы в реальном масштабе времени.

Такая база, однако, может быть создана, если обе группы специалистов научатся рассматривать временные аспекты наблюдаемых и анализируемых процессов с позиций событийного подхода, а пространственные аспекты – с позиций объектно-ориентированного подхода (рис. 48).

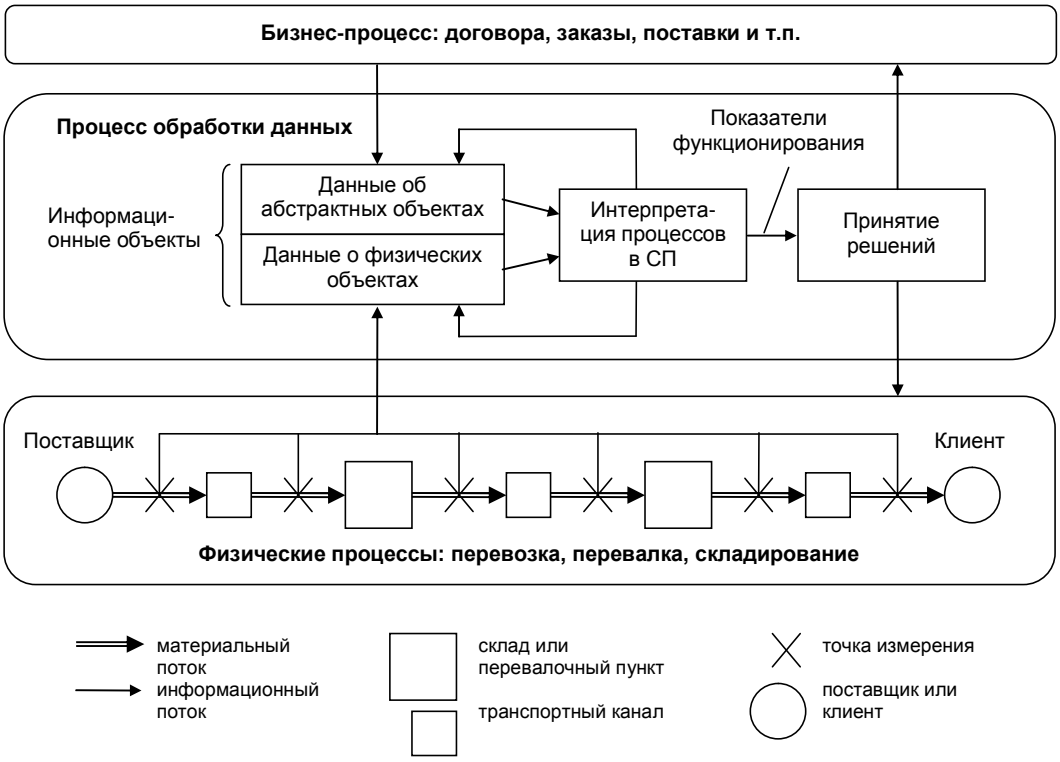


Рисунок 48. Концептуальная модель на примере сети поставок

6.2. Информационная модель объектов и процессов в сети поставок

Статическая модель данных о физических объектах

Основной составляющей информационной модели объектов и процессов в логистической системе является статическая модель данных о физических объектах.

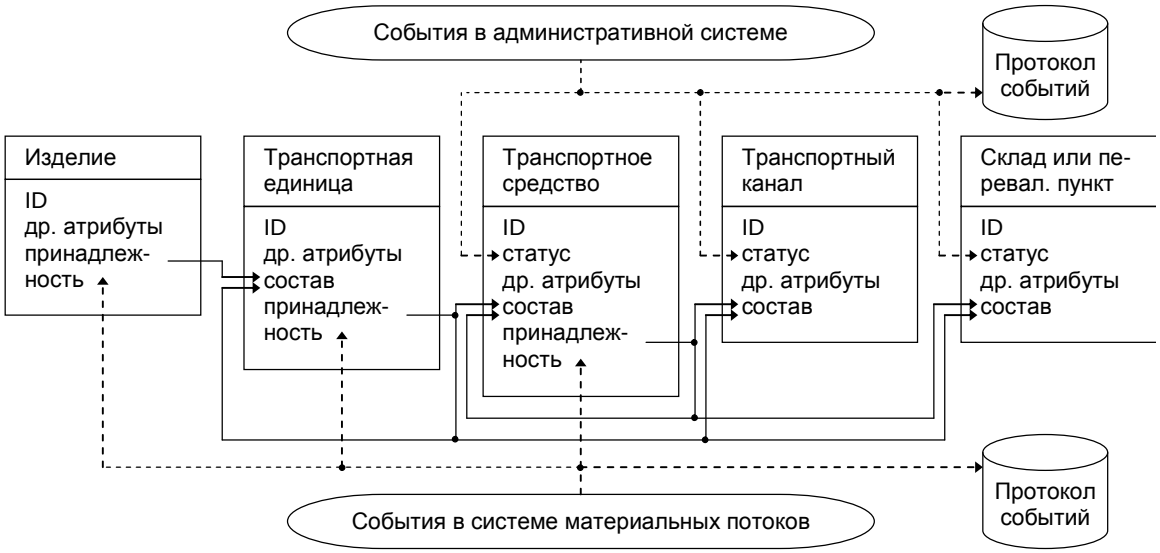


Рисунок 49. Статическая модель данных о физических объектах

На рис. 49 представлена модель данных о физических объектах, в которой пять видов информационных объектов (классов) соединены между собой отношениями пространственной принадлежности. Временной аспект функционирования модели данных о физических объектах в СП отмечается в виде потоков событий, поступающих от системы материальных потоков или административной системы.

Форма записи элементарного события в материальном потоке

На базе статической модели данных о физических объектах формулируется понятие элементарного события материального потока в СП, ставшее ключевым при проведении анализа структуры подлежащих оценке показателей функционирования в СП. Стандартная (каноническая) форма записи элементарного события показана на рис 50.

в момент t	Объект OI	из объекта O2	перешел	в объект O3

Рисунок 50. Стандартная форма записи элементарного события

Пример применения пространственно-временной и информационной моделей процессов в сети поставок (СП)

Структура концептуальной модели СП представлена на рис. 51.

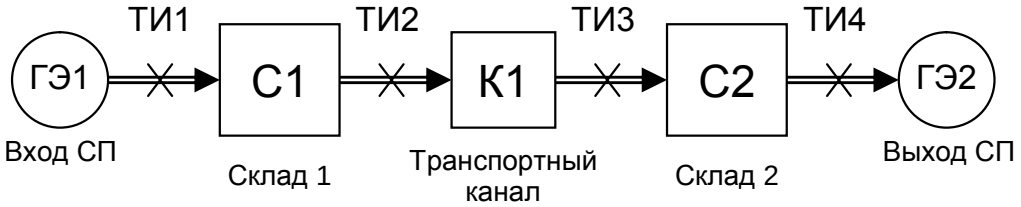


Рисунок 51. Концептуальная модель сети поставок

На рис. 52 представлена иерархическая декомпозиция пространственных объектов сети поставок. Иерархия состоит из четырех уровней:

- сеть поставок;
- узлы сети поставок;
- автомобили;
- грузы.

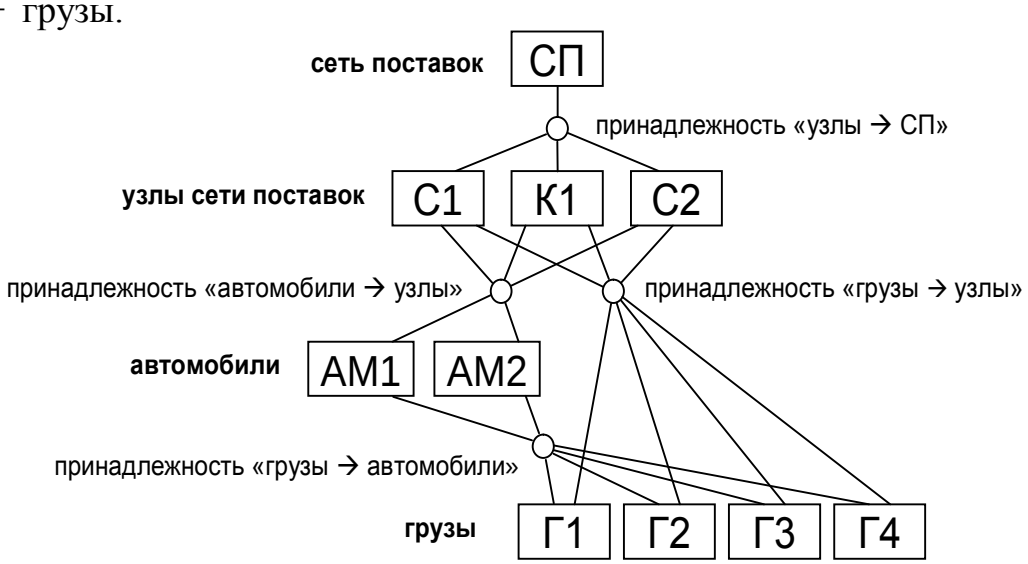


Рисунок 52. Иерархическая вложенность пространственных объектов СП

Протоколы событий и состояний

Для фиксации событий и состояний модели сети поставок используется протокол событий и состояний. Образец протокола событий и состояний на примере процесса обслуживания двух автомобилей приведен в табл. 2.

Таблица 2. Пример процесса обслуживания двух автомобилей в СП

Обозначение состояния или события	**Момент начала состояния**	**Содержимое объектов среды передвижения и среды хранения**				
		С1	**К1**	**С2**	**АМ1**	**АМ2**
Состояние 0	0	Г1,Гдр	АМ1	Г2,Гдр	Г3	---
Событие 1	ТИ1: в момент t1 объект АМ2 из объекта ГЭ1 перешел в объект С1					
Состояние 1	t1	АМ2,Г1,Гдр	АМ1	Г2,Гдр	Г3	Г4
Событие 2.1	ТИ2: в момент t2 объект Г1 из объекта С1 перешел в объект АМ2					
Событие 2.2	ТИ2: в момент t2 объект АМ2 из объекта С1 перешел в объект К1					
Состояние 2	t2	Гдр	АМ1,АМ2	Г2,Гдр	Г3	Г1,Г4
Событие 3.1	ТИ3: в момент t3 объект АМ1 из объекта К1 перешел в объект С2					
Событие 3.2	ТИ3: в момент t3 объект Г3 из объекта АМ1 перешел в объект С2					
Состояние 3	t3	Гдр	АМ2	АМ1,Г3,Г2,Гдр	---	Г1,Г4
Событие 4.1	ТИ4: в момент t4 объект Г2 из объекта С2 перешел в объект АМ1					
Событие 4.2	ТИ4: в момент t4 объект АМ1 из объекта С2 перешел в объект ГЭ2					
Состояние 4	t4	Гдр	АМ2	Г3,Гдр	---	Г1,Г4

Графическое отображение пространственных отношений между объектами представлено на рис. 53 - 59.

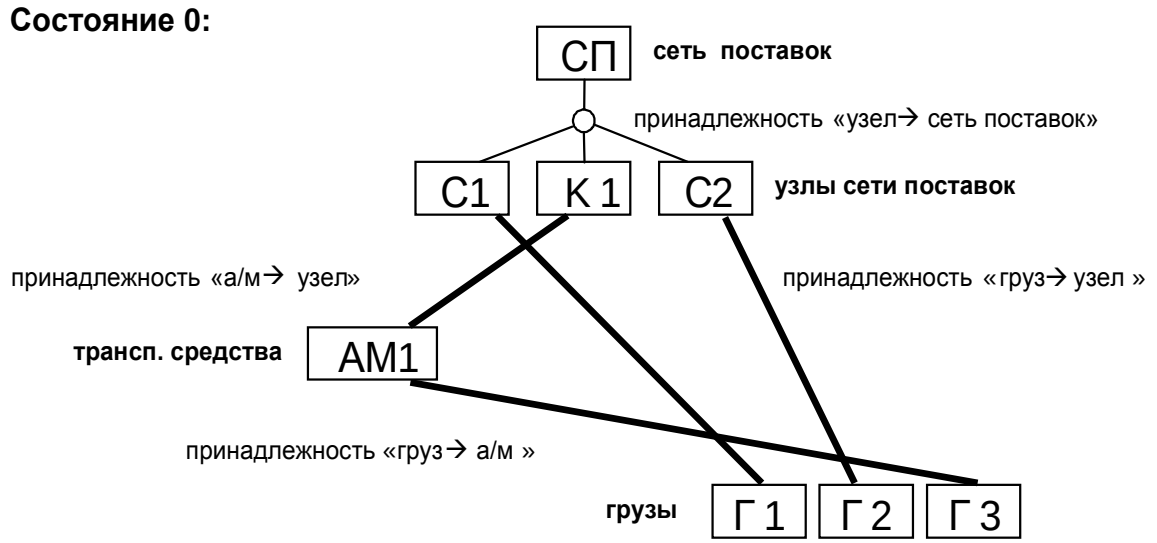


Рисунок 53. Пространственные отношения между объектами: состояние 0

Исходное состояние сети поставок представлено на рис. 53. По событию «LKW2 с грузом G4 прибывает на склад L1» модель сети поставок переходит в состояние 1 (рис. 54.

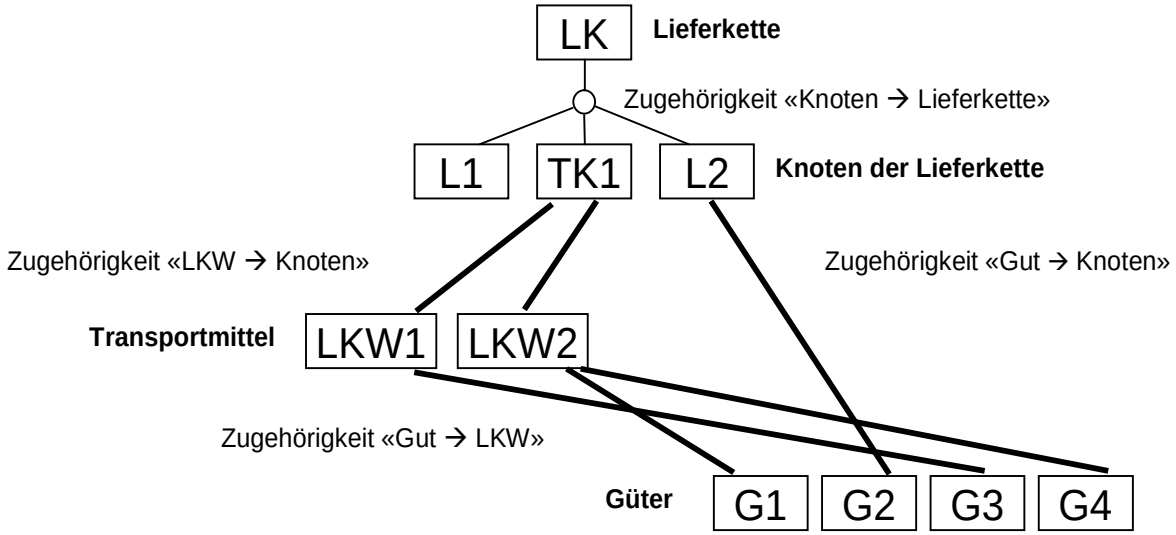


Рисунок 54. Пространственные отношения между объектами: состояние 1

При возникновении события «LKW2 с грузами G1 и G4 появляется в канале TK1» модель сети поставок переходит в состояние 2 (рис. 55.

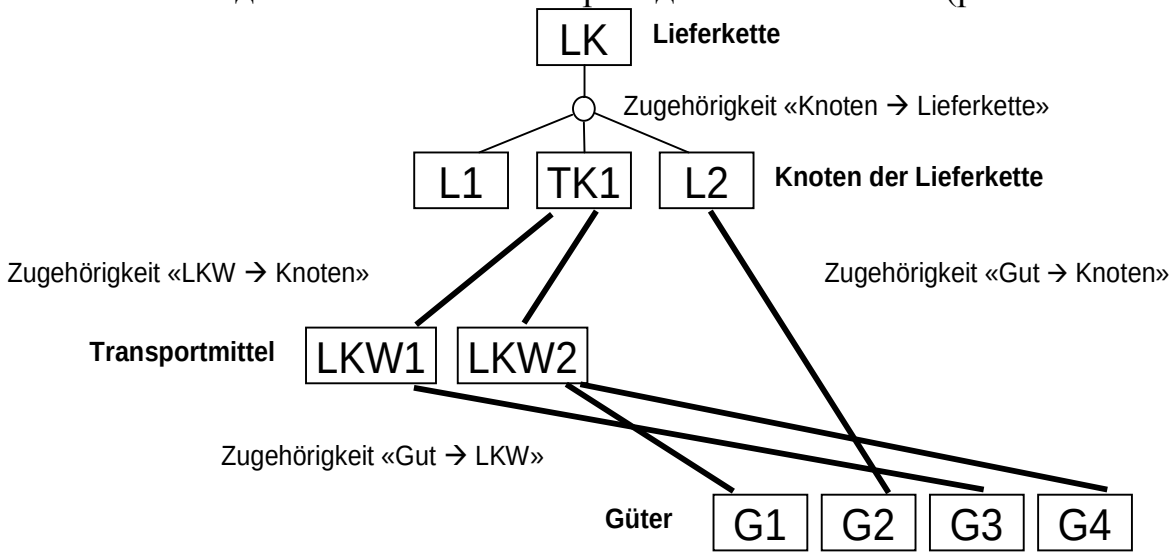


Рисунок 55. Пространственные отношения между объектами: состояние 2

При возникновении события «LKW1 прибывает на склад L2 и отдает груз G3» модель сети поставок переходит в состояние 3 (рис. 56).

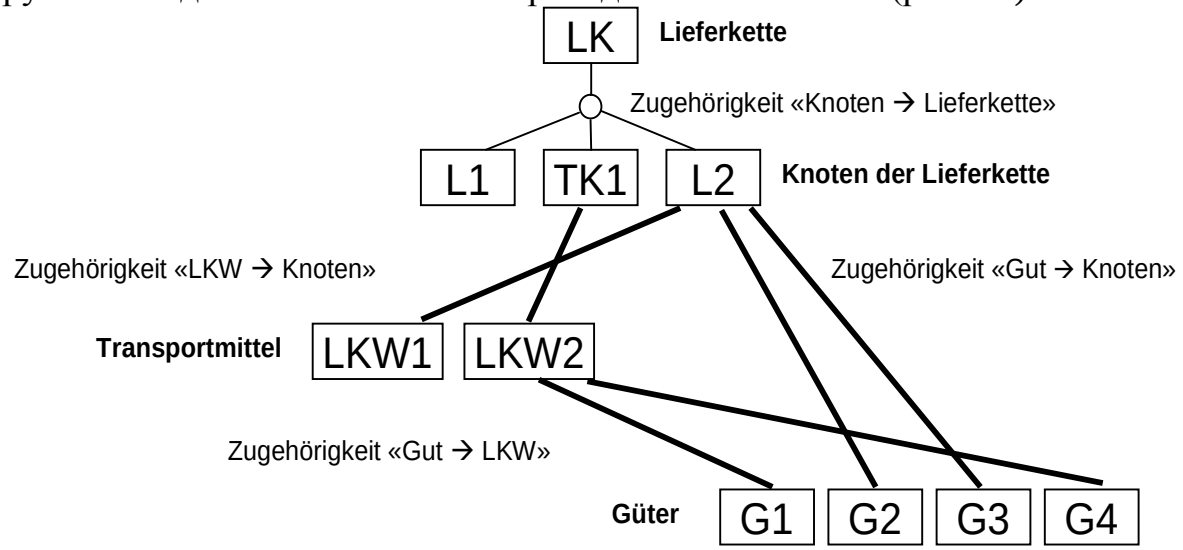


Рисунок 56. Пространственные отношения между объектами: состояние 3

Модель сети поставок переходит в состояние 4, когда возникает событие «LKW1 забирает груз G2 и покидает систему» (рис. 57).

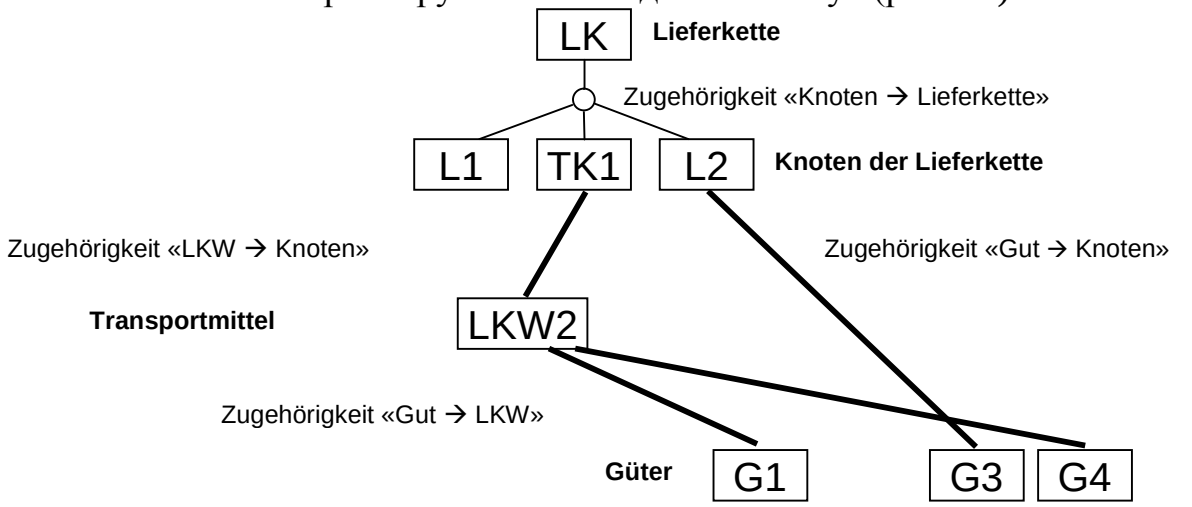


Рисунок 57. Пространственные отношения между объектами: состояние 4

Модель сети поставок переходит в состояние 5, когда возникает событие «LKW2 с грузами G1 и G4 прибывает на склад L2 и отдает грузы» (рис. 58).

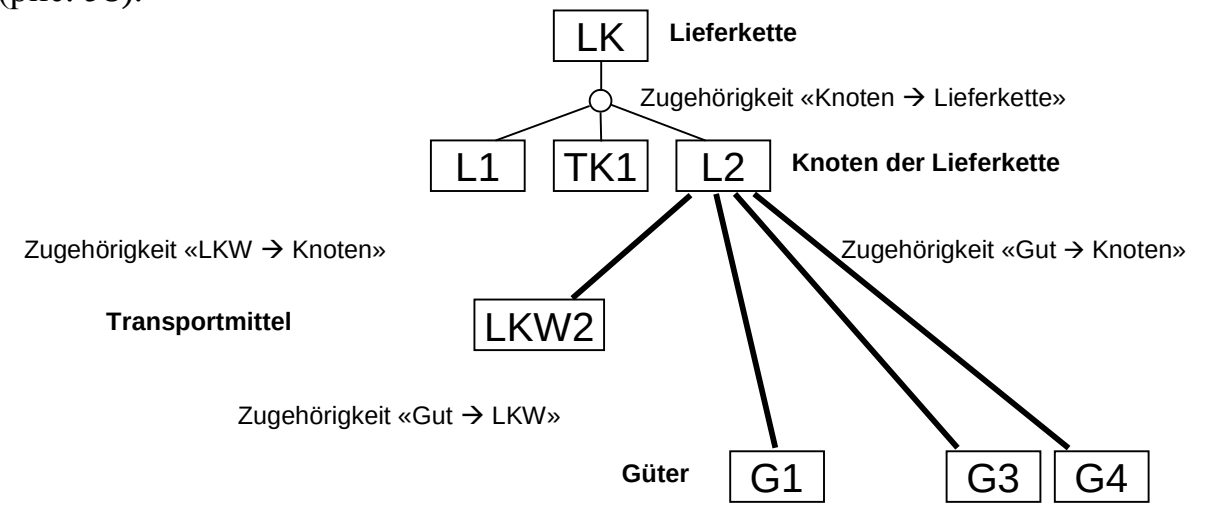


Рисунок 58. Пространственные отношения между объектами: состояние 5

Модель сети поставок переходит в состояние 6 при возникновении события «LKW2 забирает груз G3 ab и покидает систему» (рис. 59).

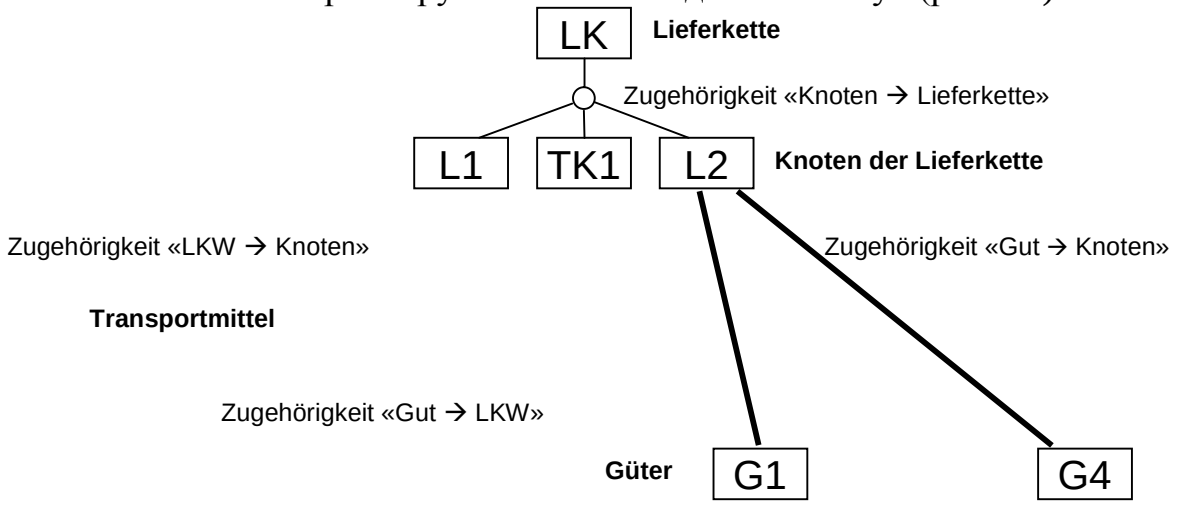


Рисунок 59. Пространственные отношения между объектами: состояние 6

6.3. Сбор и интерпретация данных о процессах оперативной логистики

На рис. 60 изображена структура процесса сбора и интерпретации данных о процессах оперативной логистики.

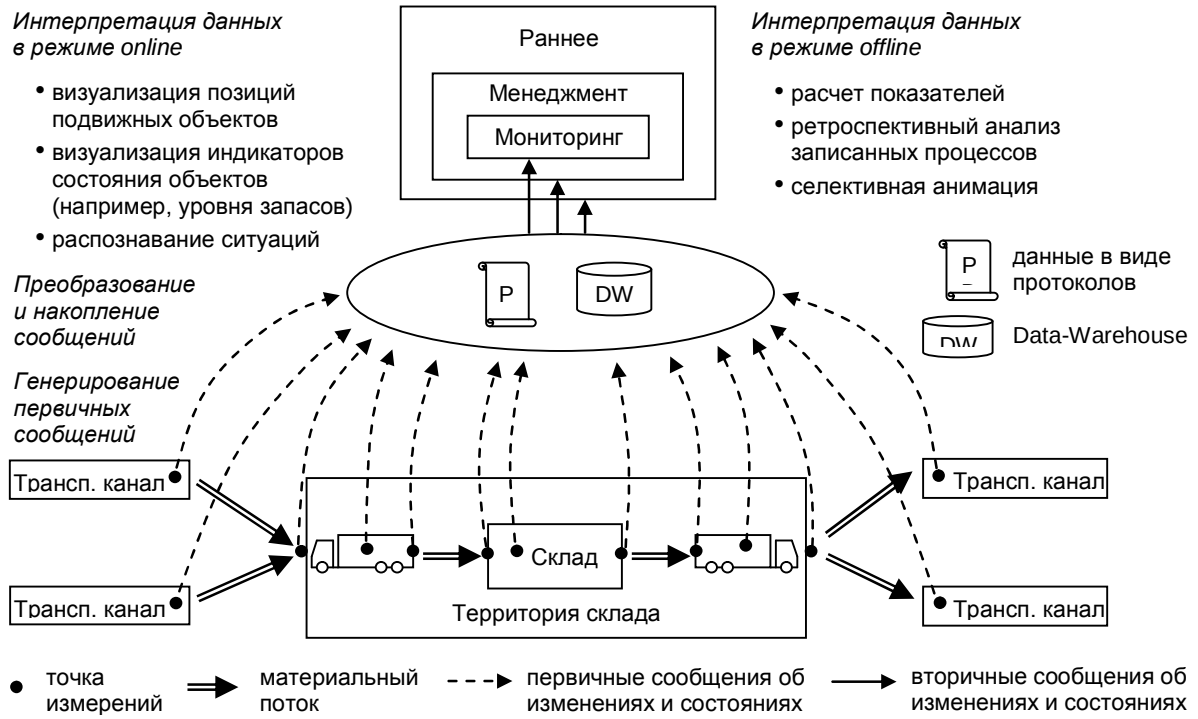


Рисунок 60. Процесс сбора и интерпритации данных о процессах оперативной логистики

Структура стенда-лаборатории LogModelLab представлена на рис. 61.

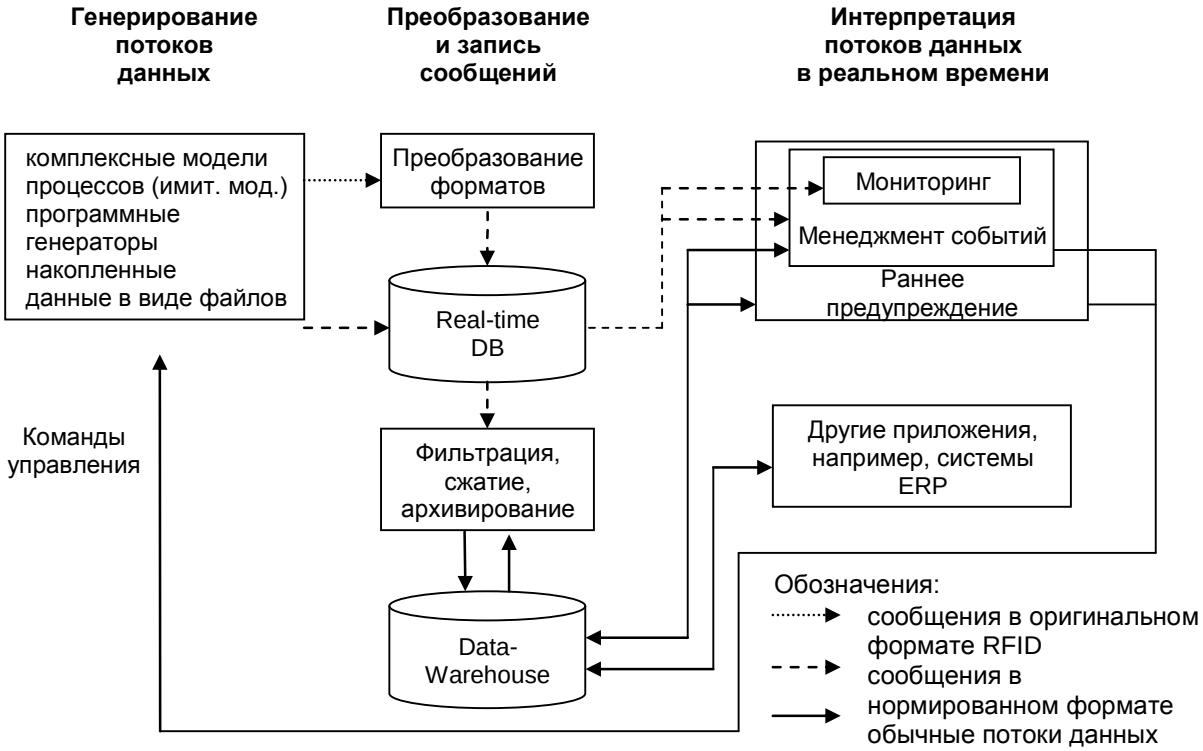


Рисунок 61. Структура стенда-лаборатории LogModelLab

Заключение

Анализ зарубежной и отечественной практики логистического моделирования и симуляции даёт основание высказать следующие рекомендации по повышению эффективности сбытовой деятельности, построенной на сформулированных в данной работе принципах:

1. уменьшить жесткость и схематичность моделей, усилить их конкретность и приблизить к практике;
2. разрабатывать несколько альтернативных моделей с учётом влияния различных внешних и внутренних факторов;
3. ориентировать моделирование на достижение ключевых конечных результатов сбытовой деятельности, содействующих достижению стратегических целей фирмы;
4. постепенно отходить от политики выталкивания товара на рынок к политике рыночной ориентации производства;
5. доводить детализацию логистических моделей сбыта до описаний заданий конкретным исполнителям;
6. постоянно учитывать в моделях временные и ресурсные параметры, обеспечивая ориентацию на снижение затрат на единицу конечного результата;
7. не забывать, что в основе логистического моделирования сбыта лежит управление не товарными потоками, а людьми;
8. предусматривать в моделях элементы контроля и стимулирования исполнителей.

Работоспособность логистических моделей сбыта в первую очередь определяется готовностью руководства предприятия на практике применять основные принципы логистики. Для этого необходимо совершенствовать организацию и управление предприятием в следующих направлениях:

1. ревизия целей и задач предприятия с позиций логистики и с перспективной ориентацией на превращение маркетинга из функции сбыта в идеологию фирмы;
2. совершенствование средств и способов управления сбытом, включая использование логистического моделирования материальных, финансовых, трудовых и информационных потоков;
3. совершенствование организационной структуры предприятия, в которой достойное место должны занять организационные структуры заготовительной, производственной и распределительной логистики;
4. совершенствование системы внутрифирменной информации, повышение гласности и прозрачности управления, усиление позитивной мотивации работников и общей ориентации производства на удовлетворение платёжеспособного спроса потребителей;
5. перестройка стиля работы руководителей и совершенствование управленческого мышления, отказ от мышления категориями дефицитной экономики и освоение идеологии рыночно-ориентированного производства;

6. вовлечение работников в управление предприятием, создание атмосферы сотрудничества между руководством и исполнителями, а также между коллективами различных подразделений предприятия;

7. непрерывное повышение квалификации кадров как для технического перевооружения производства, так и для успешной борьбы на конкурентных рынках.

Литература

1. Понятие логистики // http://www.logistics-russia.com/novosti/ponyatie-logistiki.html.

2. Моделирование логистических систем // http://www.topspeed.ru/page_3.php.

3. Давид Марка, Клемент МакГоуэн, Методология структурного анализа и проектирования. – Пер. с англ. М.: 1993, – 240 с.

4. Шеер Август-Вильгельм. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы. М.: Весть - Метатехнология, 1999. – 345 с.

5. Каменнова М., Громов А., Ферапонтов М., Шматалюк А. Моделирование бизнеса. Методология ARIS. Практическое руководство. М., 2001. – 234 с.

6. Брагина З.В., Ершова М.Л. Основы логистики: уч. пособие. – Кострома: Костром. обл. организация общества "Знание", 1998. – 98с.

7. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений. 2-е изд. – М.: Информационно-внедренческий центр "Маркетинг", 1999. – 228с.

8. Неруш Ю.М. Коммерческая логистика: учебник для студ. вузов. – М.: Банки и биржи; ЮНИТИ, 1997. – 272с.

9. Новиков О.А., Уваров С.А. Коммерческая логистика: учеб. пособие. – СПб: Изд-во СПб-ского ун-та экономики и финансов, 1995. – 110с.

10. Промышленная логистика. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 204с.

11. Пурлик В.М. Логистика торгово-посреднической деятельности. – М.: Высш. шк., 1995. – 202с.

12. Родников А.Н. Логистика: терминологический словарь. – М.: Экономика, 1995. – 251с.

13. Семененко А.И. Предпринимательская логистика. – СПб.: Политехника, 1997. – 349с.

14. Толуев Ю.И., Рихтер К. Комплексное применение имитационного моделирования при реализации концепции e-Manufacturing // Интегрированная логистика, 2004, № 2, М., ВИНИТИ. – С. 8-10.

15. Толуев Ю.И., Некрасов А.Г., Морозов С.И. Анализ и моделирование материальных потоков в сетях поставок // Интегрированная логистика – 2005, № 5, М., ВИНИТИ. – С. 7-14.

16. Толуев Ю.И. Имитационное моделирование логистических процессов // Имитационное моделирование. Теория и практика: Сб. Второй всероссийской научно-практической конференции - СПб.: ФГУП ЦНИИ ТС, 2005. – С. 71-76.

17. Морозов С.И., Толуев Ю.И., Змановская Т.П. Использование протоколов событий для интерпретации результатов моделирования логистического центра // Имитационное моделирование. Теория и практика: Сб. Второй всероссийской научно-практической конференции - СПб.: ФГУП ЦНИИ ТС, 2005. – С. 246-250.

18. Толуев Ю.И. Методология создания моделей логистических сетей на базе стандартных средств имитационного моделирования // Logistics, Supply Chain Management and Information Technologies: Proceedings of the German-Russian Logistics Workshop. Ivanov D., Kuhn A., Lukinsky V. (eds.), St. Petersburg, Publishing House of the State Polytechnic University, 2006. – S. 133-142.

19. Толуев Ю.И., Змановская Т.П. Моделирование процессов перемещения и накопления материальных объектов в логистических сетях // Логистика: Современные тенденции развития. V Международная научно-практическая конференция. 20, 21 апреля 2006 г.: Тез. докл. / Отв. ред.: В.С. Лукинский, С.А. Уваров, Е.А. Королева. – СПб.: СПбГИЭУ, 2006. – С. 354-359.

20. Толуев Ю.И., Савченко Л.В. Возможности применения имитационного моделирования в бизнес-логистике. // Логистика: проблемы и решения, № 4 (5) 2006, Киев. – С. 38-43.

21. Хемди А. Таха. Глава 18. Имитационное моделирование // Введение в исследование операций = Operations Research: An Introduction. – 7-е изд. — М.: «Вильямс», 2007. – С. 697-737.

22. Строгалев В. П., Толкачева И. О. Имитационное моделирование. – МГТУ им. Баумана, 2008. – С. 697-737.

23. Бережной В.И., Порохня Т.А. Виды логистических потоков и их моделирование// ttp://science.ncstu.ru/articles/econom/7/06.pdf/file_download

24. Логистические потоки // http://www.5ka.ru/46/9346/1.html

25. Теория очередей // http://www.ukrlog.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=7

26. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами. – С-Пб, 2001.

27. Виртуальные тренажеры для менеджеров // http://www.classs.ru/hrclub/practice/practice2/

28. OMG. BPMN (Business Process Modeling Notation) v.1.0, 2006 // www.omg.org/technology/documents/bms_spec_catalog.htm.

29. Hanisch, A., Tolujew, J., Richter, K., Schulze, T. Online Simulation of Pedestrian Flow in Public Buildings. // Proceedings of the Winter Simulation Conference 2003, New Orleans, pp. 1635-1641.

30. Hanisch, A., Tolujew, J., Schulze, T. Initialization of Online Simulation Models. // Proceedings of the Winter Simulation Conference 2005, M. E. Kuhl, N. M. Steiger, F. B. Armstrong, and J. A. Joines, eds., pp. 1795-1803.

31. Morozov, S., Piontek, M., Tolujew, J. Protocol-based interpretation of discrete event processes in logistics systems. // Simulation in Supply Chain Management and Logistics. Magdeburger Schriften zur Logistik. Heft 19, 2005. LOGiSCH, Magdeburg, pp. 15-27.

Підп. до друку 02.09.2009. Формат 60 х 84/8.
Папір офс. Гарнітура Times. Друк офс.
Ум. друк. арк. 10. Обл.-вид. арк. 10,5.
Тираж 300 прим. Зам 922

Видавництво «Міленіум»
Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 535 від 19.07.2001 р.

м. Київ, вул. Фрунзе, 60
тел./факс (044) 501-52-49
E-mail: info@millennium.net.ua
Web: www.millennium.net.ua