

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой»

М. А. Слонимская, Т. С. Пальчевская

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальности «Логистика»*

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2023

УДК 658.7(075.8)
ББК 65.291.59я73
С48

Рекомендовано к изданию в качестве учебного пособия
методической комиссией финансово-экономического факультета
(протокол № 1 от 30.12.2022)

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

канд. экон. наук, доц., доц. каф. логистики и ценовой политики
УО «Белорусский государственный экономический университет»

Т. В. КУЗНЕЦОВА;

канд. экон. наук, доц., декан экономико-правового факультета
УО «БИП-Университет права и социально-информационных технологий»

А. В. КОРОЛЕВ

Слонимская М. А.

С48

Моделирование и проектирование логистических систем: учеб. пособие для студентов вузов по специальности «Логистика» / М. А. Слонимская, Т. С. Пальчевская. – Новополоцк: Полоц., гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2023. – 144 с.
ISBN 978-985-531-844-7.

В учебном пособии рассматриваются особенности и содержание курса «Моделирование и проектирование логистических систем»: генезис и сущность системного подхода к принятию решений в логистике; особенности и классификация логистических систем; сущность и особенности моделирования и анализа систем массового обслуживания; использование программных продуктов для имитационного моделирования логистических систем; специфика проектирования складских, транспортных логистических систем и интегрированных цепей поставок; подходы к оценке эффективности функционирования логистических систем.

Предназначено для студентов учреждений высшего образования по специальности «Логистика».

УДК 658.7(075.8)
ББК 65.291.59я73

ISBN 978-985-531-844-7

© Слонимская М. А., Пальчевская Т. С., 2023
© УО «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой», 2023

ВВЕДЕНИЕ

С середины XX века в связи с распространением цифровых информационно-компьютерных технологий формируется новое экономическое пространство, которое оказывает влияние практически на все сферы человеческой деятельности и приводит к формированию новых методов и технологий производства, продаж и потребления продуктов и услуг. В этих условиях компании, периодически не пересматривающие свои логистические стратегии и, соответственно, не модифицирующие организационные процессы, рискуют потерять свое конкурентное преимущество. Важными драйверами процесса являются сокращение жизненного цикла продуктов, глобализация рынков, демографические изменения и индивидуализация требований клиентов. Эти факторы формируют для предприятий динамичную сложную среду, оптимизации которой в производстве может послужить внедрение технологий Индустрии 4.0.

Логистические системы являются сложными технико-экономическими системами, проектирование и управление которыми требует от специалистов в сфере логистики освоения новых модельных технологий. Моделирование является технологией, активно применяемой в области совершенствования логистических процессов, инжиниринга логистических систем и интегрированного планирования. Ценность инструментов проектирования логистических систем, основанных на моделировании, заключается в возможности воспроизвести и протестировать различные альтернативы принятия решений на более вероятных предсказуемых сценариях, чтобы заранее установить оптимальный уровень и надежность любого заданного варианта.

Целью изучения учебной дисциплины «Моделирование и проектирование логистических систем» является формирование у будущего специалиста комплекса знаний и практических навыков по основам организации управления логистическими сетями и системами как сложной интегрированной системой с позиции системного подхода в условиях рыночных отношений и оптимизации управления потоковыми процессами.

Материал, представленный в данном учебном пособии, позволяет получить представление о принципах формирования, исследования и моделирования логистических систем и процессов. Учебное пособие включает семь глав. В первой главе представлена информация о генезисе и сущности системного подхода к принятию решений в логистике, особенностях и классификации логистических систем. Вторая глава знакомит с сущностью и особенностями моделирования и анализа систем массового обслуживания. В третьей главе дается обзор программных продуктов для имитационного моделирования логистических систем и представляется интерфейс имитационного моделирования на примере систем AnyLogic и FlexSim. В четвертой, пятой и шестой главах описывается специфика проектирования складских, транспортных логистических систем и интегрированных цепей поставок. В седьмой главе представлены подходы к оценке эффективности функционирования логистических систем.

ГЛАВА 1. ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ. ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

1.1 Система, модели и моделирование

В основе теории логистики находится методология общей теории систем, т.е. рассмотрение предприятия (фирмы, организации), а также цепи поставок как некоторой целостной экономической системы [1, с. 72]. Идея объединении всех человеческих, биологических и физических наук, понимаемых как системы взаимоотношений, и поиск организационных принципов, лежащих в основе всех типов систем, была высказана еще в 1920-х российским философом Александром Богдановым [2]. В двух томах книги «Тектология. Всеобщая организационная наука» (первый том был издан в 1912 г.) ему удалось выявить и впервые в истории науки сформулировать ряд закономерностей и принципов, общих для самых различных областей природы и познания [3, с. 80]. Системный подход стал признанным научным направлением лишь во второй половине XX в. [4, с. 7]. Заложили современный фундамент общей теории систем Людвиг фон Берталанфи и Кеннет Боулдинг [5, с. 367]. Биолог Л. Берталанфи предложил название данной теории, обосновал её необходимость и изложил основные понятия в 1951 г. в статье «Общая теория систем: новый подход к единству науки» [6]. В 1954 г. он стал одним из инициаторов создания «Общества исследований в области общей теории систем». Экономист и социолог К. Боулдинг развил основные положения данной теории в статье «Общая теория систем: скелет науки», которую он опубликовал в 1956 году [7]. Как отмечает К. Боулдинг, «общая теория систем есть скелет науки в том смысле, что ее целью является разработка основ или структур систем, на которые наращиваются плоть и кровь отдельных дисциплин и отдельных предметов исследования в их движении к упорядоченному и последовательно построенному телу знания» [8, с. 208]. Ричард Джонсон, Фримонт Каст и Джеймс Розенцвейг разработали основы системного подхода применительно к менеджменту и представили их в 1964 г. в статье «Теория систем и менеджмент» [5]. Они показали, что бизнес-системы являются частью более крупных систем, которые находятся в состоянии постоянного изменения, и предложили использовать научные методы управления, компьютерное моделирование и информационные системы принятия решений в качестве инструментов, которые позволят руководству представить фирму как целостную систему.

Общая теория систем исходит из того, что любой объект или процесс (технический, экономический, социальный, биологический, физический)

можно анализировать и создавать как систему, т.е. как комплекс взаимосвязанных элементов, действующий для достижения единой цели. Для достижения своей цели объект имеет определенные составные части (элементы), структуру (многообразные взаимосвязи между элементами системы), поведение (деятельность или функционирование), взаимодействует с внешней средой и получает результат своего действия, который сравнивается с поставленной целью [8, с. 10].

Системный подход к пониманию объекта рассматривается как синтез интуитивного и аналитического методов. Он отрицает попытку сведения свойств целого к свойствам его частей, но заимствует у аналитического подхода интерес к внутренней структуре объекта [9, с. 12].

Системный подход ориентирует исследователей на раскрытие целостности объекта, выявление многообразных связей в нем и сведение их в единую теоретическую картину. Сущность системного подхода заключается в том, что относительно самостоятельные компоненты рассматриваются не изолированно, а в их взаимосвязи, в развитии и движении. С изменением одного компонента системы изменяются и другие. Это позволяет выявить интегративные системные свойства и качественные характеристики, которые отсутствуют у составляющих систему элементов.

Основными принципами системного подхода являются:

- целостность, позволяющая рассматривать одновременно систему как единое целое и подсистему для вышестоящих уровней;
- иерархичность строения, то есть наличие множества (по крайней мере, двух) элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня элементам высшего уровня;
- структуризация, позволяющая анализировать элементы системы и их взаимосвязи в рамках конкретной организационной структуры. Как правило, процесс функционирования системы обусловлен не столько свойствами её отдельных элементов, сколько свойствами структуры;
- множественность, позволяющая использовать множество кибернетических, экономических и математических моделей для описания отдельных элементов и системы в целом.

Модель – аналог, прототип, шаблон, образец, используемый вместо оригинала для решения задач (получения ответов на вопросы). Модель строится на основании ограниченного множества известных нам данных (свойств, поведений) об оригинале. Построение моделей и использование моделей (решение на них задач) производится с целью:

- получения неизвестных ранее данных, предсказания новых свойств и будущих поведений;

- извлечения пользы при реализации решений;
- систематизации (обобщения) известных данных.

Моделирование – способ, процесс замещения оригинала его аналогом (моделью) с последующим изучением свойств и поведения оригинала на модели.

Процесс моделирования состоит из:

- формализации (проектирование и настройка модели, систем моделей и моделей систем);
- собственно моделирования (постановка различных задач и решение их на модели);
- интерпретации результатов моделирования, комплексирования с уже имеющимися реальными системами.

Модель вместо исходного объекта используется в случаях, когда эксперимент опасен, дорог, происходит в неудобном масштабе пространства и времени (долговременен, слишком кратковременен, протяжен), невозможен, неповторим, не нагляден и т.д.

Моделирование тесно связано с проектированием. Процесс «проектирование-моделирование» цикличен: сначала проектируют систему, потом её испытывают, потом снова корректируют проект и снова испытывают, и так до тех пор, пока проект не станет удовлетворять предъявляемым к нему требованиям. При этом цикл имеет вид спирали – с каждым повтором проект становится все лучше, так как модель становится все более детальной, а уровень описания – точнее.

Ко всем разрабатываемым моделям предъявляются два противоречивых требования: простота модели и адекватность исследуемой системе.

Требование простоты модели обусловлено необходимостью построения модели, которая может быть рассчитана доступными методами. Построение сложной модели может привести к невозможности получения конечного результата имеющимися средствами в приемлемые сроки и с требуемой точностью. Степень сложности (простоты) модели определяется уровнем ее детализации, зависящим от принятых предположений и допущений: чем их больше, тем ниже уровень детализации и, следовательно, проще модель и, в то же время, менее адекватна исследуемой системе.

Адекватность – соответствие модели оригиналу, характеризуемое степенью близости свойств модели свойствам исследуемой системы. Адекватность математических моделей зависит от: степени полноты и достоверности сведений об исследуемой системе; уровня детализации модели. При этом моделирование может проводиться: в условиях полной определенности, означающей наличие точной информации обо всех исходных параметрах; в условиях неопределенности, обусловленных: неточностью сведений о параметрах; отсутствием сведений о значениях некоторых параметров.

Многообразие систем, проявляющееся в многообразии их структурно-функциональной организации, определяет использование множества разных моделей, которые могут быть классифицированы в зависимости от:

1) **характера функционирования исследуемой системы**: детерминированные, функционирование которых описывается детерминированными величинами; стохастические или вероятностные, функционирование которых описывается случайными величинами;

2) **характера протекающих в исследуемой системе процессов**: непрерывные, в которых процессы протекают непрерывно во времени; дискретные, в которых процессы меняют свое состояние скачкообразно в дискретные моменты времени;

3) **степени достоверности исходных данных об исследуемой системе**: с априорно известными параметрами; с неизвестными параметрами;

4) **режима функционирования системы**: стационарные, в которых характеристики не меняются со временем; нестационарные, в которых характеристики изменяются со временем;

5) **назначения**: статические или структурные, отображающие состав и структуру системы; динамические или функциональные, отображающие функционирование системы во времени; структурно-функциональные, отображающие структурные и функциональные особенности организации исследуемой системы;

6) **способа представления (описания) и реализации**: концептуальные или содержательные, представляющие собой описание (в простейшем случае словесное) наиболее существенных особенностей структурно-функциональной организации исследуемой системы; физические или материальные – модели, эквивалентные или подобные оригиналу (макеты) или процесс функционирования которых такой же, как у оригинала и имеет ту же или другую физическую природу; математические или абстрактные, представляющие собой формализованное описание системы с помощью абстрактного языка, в частности с помощью математических соотношений, отражающих процесс функционирования системы; программные (алгоритмические, компьютерные) – программы для ЭВМ, позволяющие наглядно представить исследуемый объект посредством имитации или графического отображения математических зависимостей, описывающих искомый объект. Соответственно различают физическое, математическое и компьютерное моделирование.

Между классами систем и моделей необязательно должно существовать однозначное соответствие. Например, дискретные системы могут быть представлены в виде непрерывных моделей, а детерминированные системы – в виде вероятностных моделей, и наоборот.

Процессы состоят из отдельных важных моментов или событий. Подход к построению имитационных моделей, предлагающий представить реальные действия такими событиями, называется **дискретно-событийным моделированием**. Термин «дискретно-событийное моделирование» обычно используется в более узком смысле для обозначения «процессного» моделирования, где динамика системы представляется как последовательность операций (прибытие, задержка, захват ресурса, разделение) над некими сущностями, представляющими клиентов, документы, звонки, пакеты данных, транспортные средства и т.п. Эти сущности пассивны, они сами не контролируют свою динамику, но могут обладать определёнными атрибутами, влияющими на процесс их обработки (например, тип звонка, сложность работы) или накапливающими статистику (общее время ожидания, стоимость).

Процессное моделирование используется на среднем или низком уровне абстракции: каждый объект моделируется индивидуально, как отдельная сущность, но множество деталей «физического уровня» (геометрия, ускорение/замедление) опускается. Такой подход широко используется в моделировании бизнес-процессов, производства, логистики, здравоохранения и т.д. Дискретно-событийное моделирование используется для построения модели, отражающей развитие системы во времени, когда состояния переменных меняются мгновенно в конкретные моменты времени. В такие моменты времени происходят события.

Событие определяется как мгновенное возникновение, которое может изменить состояние системы. В системе с одним устройством обслуживания есть два типа событий: поступление требования и завершение обслуживания требования, приводящее к его уходу. Поступление требования является событием, поскольку оно вызывает изменение состояния устройства обслуживания (переменной состояния) со свободного на занятое или увеличение числа требований в очереди (переменной состояния) на единицу. Соответственно уход требования также является событием, так как вызывает изменение состояния устройства обслуживания с занятого на свободное или уменьшение числа требований в очереди на единицу. Важно знать ожидаемую среднюю задержку требований в очереди, которая равна времени, прошедшему с момента его появления в системе до начала его обслуживания. Для того чтобы рассчитать среднюю задержку определяются такие переменные состояния, как состояние устройства обслуживания (занято или свободно), число требований в очереди (если таковые имеются) и время поступления каждого требования, ожидающего своей очереди.

Современные технологии моделирования позволяют проводить аудит сложных бизнес-систем и обоснование стратегий, инжиниринг бизнес-

систем, дизайн цепей поставок и имеют широкий спектр приложений для совершенствования деятельности организаций, в логистике, и позволяют обосновывать и оценивать последствия принимаемых управленческих решений. Разработка и апробация современных управленческих методик с применением современных парадигм и методов моделирования в области формирования стратегии организации, дизайна, анализа и планирования цепей поставок, моделирования и анализа бизнес-процессов и логистических процессов, анализа и оптимизации производственных и логистических систем на основе теории ограничений – необходимое условие достижения системной эффективности бизнеса в условиях стратегического развития, внедрения инноваций и управления изменениями, инструментом, обогащающим управленческую практику деловых решений и управленческое консультирование [10, с. 158].

1.2 Логистические системы и трансформация материального потока

Совет профессионалов в области управления цепями поставок (Council of Supply Chain Management Professionals – CSCMP) определяет управление логистикой как «часть управления цепью поставок, которая решает вопросы планирования, реализации и контроля эффективности движения прямых и обратных потоков, а также хранения товаров, услуг и соответствующей информации между точкой происхождения и точкой потребления с целью удовлетворения требований клиентов». Ключевым словом в данном определении является «поток». При этом речь идет не только о потоках товаров, но и о потоках услуг и связанной с ними информации. Услуги могут быть денежными потоками, а также потоком вспомогательных ресурсов, таких как тара для безопасной перевозки товаров. По прибытии в пункт назначения тару иногда необходимо доставить обратно поставщику. Таким образом, могут быть как прямые, так и обратные потоки, и главной задачей логистического менеджмента является планирование, реализация и управление этими потоками эффективным способом для удовлетворения требований клиентов.

Концепция управления цепью поставок сначала рассматривалась как аналогичная концепции управления логистикой. Однако, в концепции управления цепью поставок подчеркивается важность интеграции потоков между участниками цепи поставок. Игроки могут быть разными компаниями, которые устанавливают деловые отношения, или относиться к различным подразделениям или функциям внутри одной компании.

Определение термина «управление цепью поставок», данное CSCMP, звучит следующим образом: «Управление цепочкой поставок включает в себя планирование и управление всеми видами деятельности, связанными с поиском и закупками, преобразованием и всеми видами деятельности по управлению логистикой. Важно отметить, что оно также включает координацию и сотрудничество с торговыми партнерами, которыми могут быть поставщики, посредники, сторонние поставщики услуг и клиенты. По сути, управление цепочкой поставок объединяет управление спросом и предложением внутри компаний и между ними».

Ключевыми словами в данном определении являются: координация и сотрудничество с торговыми партнерами. Термин «партнеры по сбыту» намеренно открыт для толкования и может быть любым субъектом хозяйствования – от поставщика сырья до конечного потребителя. Управление цепочкой поставок можно рассматривать как более широкую концепцию по сравнению с управлением логистикой. Управление цепочкой поставок включает в себя более широкий и сложный спектр процессов и действий, включая разработку новых товаров и маркетинг.

Логистическая система – это сложная интегрированная адаптивная система с обратной связью, состоящая из нескольких подсистем, связанных между собой устойчивой совокупностью звеньев, которые выполняют весь комплекс логистических функций, включая связи с внешней средой. С целью исследования и проектирования логистические системы подразделяются на подсистемы, звенья и элементы [11, с. 57].

Логистическую систему, способную ответить на возникающий спрос быстрой поставкой нужного товара, Виталий Шумаев сравнивает с живым организмом. «Мускулы этого организма – подъемно-транспортная техника, центральная нервная система – сеть компьютеров на рабочих местах участников логистического процесса, организованная в единую информационную систему. По размерам этот организм может занимать территорию завода или предприятие оптовой торговли, а может охватывать регион или выходить за пределы государства. Он способен адаптироваться, приспосабливаться к возмущениям внешней среды, реагировать на нее в том же темпе, в котором происходят события» [12, с. 63].

Охарактеризуем свойства логистических систем в разрезе каждого из четырех свойств, присущих любой системе:

1. 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 эти предприятия, а также связывающий их транспорт. Как видим, элементы логистических систем разнокачественные, но одновременно совместимые. Совместимость обеспечивается единством цели, которой подчинено функционирование каждого из элементов логистической системы.

2. *Между элементами логистической системы имеются существенные связи, с закономерной необходимостью определяющие интегративные качества.* В макрологистических системах основу связи между элементами составляет договор, в микрологистических – внутрипроизводственные отношения.

3. *Связи между элементами логистической системы определенным образом упорядочены, т.е. логистическая система имеет организацию.*

4. *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 (изменение спроса на товар или услуги, непредвиденный выход из строя технических средств и т.п.). Интегративные качества логистической системы позволяют ей закупать материалы, пропускать их через свои производственные мощности и выдавать во внешнюю среду, достигая заранее намеченные цели.

Любая логистическая система состоит из совокупности элементов-звеньев, между которыми установлены определенные функциональные связи и отношения. **Звеном логистической системы** называется некоторый экономически и (или) функционально обособленный объект, не подлежащий дальнейшей декомпозиции в рамках поставленной задачи анализа или построения логистической системы, выполняющий свою локальную цель, связанную с определенными логистическими операциями или функциями. Звенья логистической системы могут быть трех основных типов: генерирующие, преобразующие и поглощающие материальные и сопутствующие им информационные и финансовые потоки. Часто встречаются смешанные звенья логистической системы, в которых указанные три основных типа звеньев комбинируются в различных сочетаниях. В звеньях логистической системы материальные (информационные, финансовые) потоки могут сходиться, разветвляться, дробиться, изменять свое содержание, параметры, интенсивность и т.п.

Методология проектирования логистических систем базируется на совокупности принципов и методов системного подхода, системного анализа, проектирования и моделирования.

Принципы проектирования логистических систем совпадают с общими принципами логистики: системный подход, принцип общих логистических издержек, глобальной оптимизации, логистической координации, моделирования и информационно-компьютерной поддержки, выделения комплекса обеспечивающих подсистем, комплексного управления качеством, гуманизации всех функций и решений, устойчивости и адаптивности.

Системное проектирование больших и сложных систем, к которым относятся логистические системы, включает в себя две стадии:

1) **макропроектирование** (внешнее), предполагающее решение функционально-структурных вопросов, определение внешних и внутренних факторов, оказывающих воздействие на систему, выбор критериев оценки эффективности функционирования системы;

2) **микропроектирование** (внутреннее, отражающее уровень отдельного экономического субъекта, склада, магазина и т.п.), которое связано с разбивкой звеньев и элементов логистической системы с учетом их взаимосвязи и взаимодействия, специфических свойств и особенностей выполнения основных функций [13, с. 327].

Методы проектирования логистических систем подразделяют на три класса: аналитические, имитационные и оптимизационные.

Аналитические методы, как правило, применяются для оценки и анализа существующих логистических систем. Они базируются на стандартных процедурах вычисления и рассматривают протекание логистических процессов и операций в условиях определенности и риска.

Имитационные методы находят широкое применение при проектировании в условиях неопределенности для принятия управленческих решений при наличии нескольких альтернатив. Имитационное моделирование наиболее эффективно при условии, когда параметры (факторы) логистической системы являются случайными величинами, подчиняющимися различным законам распределения, а материальные и сопутствующие потоки представляют собой случайные стационарные и нестационарные процессы.

Оптимизационные методы опираются на различные виды программирования (линейное, нелинейное, целочисленное и т.д.) – представленные в соответствующих разделах исследования операций. При проектировании логистических систем оптимизационные методы применяются при решении задач конфигурации цепей поставок (размещение объектов инфраструктуры, производств, терминалов, складов и т.п.); при выборе рациональных схем транспортировки, т.е. решении так называемых производственно-транспортно-складских задач; формировании стратегий управления запасами в многоуровневых логистических системах.

В процессе проектирования логистических систем, главным образом, решаются проблемы их структуры и организация контроля материальных потоков. Структурные вопросы связаны, в первую очередь, с тем, как следует проектировать цепи поставок. Пример структурной проблемы: нужно ли производить компонент или покупать его, с каким поставщиком работать, как должны осуществляться поставки. При проектировании производственной системы необходимо решить, следует ли хранить готовую продукцию или сразу доставлять клиентам. Вопросы контроля связаны с планированием и реализацией эффективных потоков материалов, начиная с существующих структур. В эту работу входит общее планирование и выполнение входящих, производственных и исходящих поставок.

На рисунке 1.1 представлены основные системы (этапы) трансформации материального потока.



Рисунок 1.1 – Системы трансформации материального потока

Источник: [14, с. 4].

Качественные изменения материальный поток претерпевает на этапах производства на промышленных предприятиях и потребления в домашних хозяйствах, на производственных, торговых и сервисных предприятиях. Связным звеном между системами производства и потребления материальных ресурсов является система распределения товаров. В данной системе осуществляются процессы перемещения и хранения, которые преобразуют материальный поток с точки зрения пространственно-временных характеристик. Системы пространственно-временной трансформации товаров являются логистическими системами, а происходящие в них процессы называются логистическими процессами. Они могут осуществляться специализированными логистическими компаниями, а также имеют место на производственных, торговых или сервисных предприятиях в качестве вспомогательных.

Логистические процессы касаются материального потока, который связывает системы производства и потребления товаров. Во всех трех системах существуют базовые условия, оказывающие значительное влияние на эффективность логистических процессов.

Для логистических систем характерно пересечение процессов перемещения и хранения (транспортировки и складирования). Зависимость между указанными процессами может быть представлена графически в виде узлов и соединяющих их линий. Узлы представляют пункты временной остановки материального потока, а линии – направления его перемещения. Возникающие в логистических системах информационные потоки не являются самостоятельными, а связаны с материальным потоком. На рисунке 1.2 представлены основные структуры логистических систем – одноступенчатая, многоступенчатая и комбинированная.

Одноступенчатая логистическая система характеризуется непрерывностью материального потока между пунктами производства и потребления, а также отсутствием дополнительных процессов, связанных с хранением и/или обработкой грузов. В многоступенчатой системе происходит пространственная и временная трансформация материального потока в одном или более пунктах разделения и/или консолидации грузов. Комбинированные системы предполагают сочетание одноступенчатой и многоступенчатой логистических систем.

Преимущество одноступенчатой логистической системы состоит в возможности избежать дополнительных логистических процессов в местах прерывания потока. Однако её использование целесообразно при достаточно высокой скорости материального потока между пунктами производства и потребления. Если это не так, то требуются многоступенчатые системы, которые повышают доступность региональных рынков и позволяют достаточно быстро удовлетворить потребности клиентов на этом рынке.

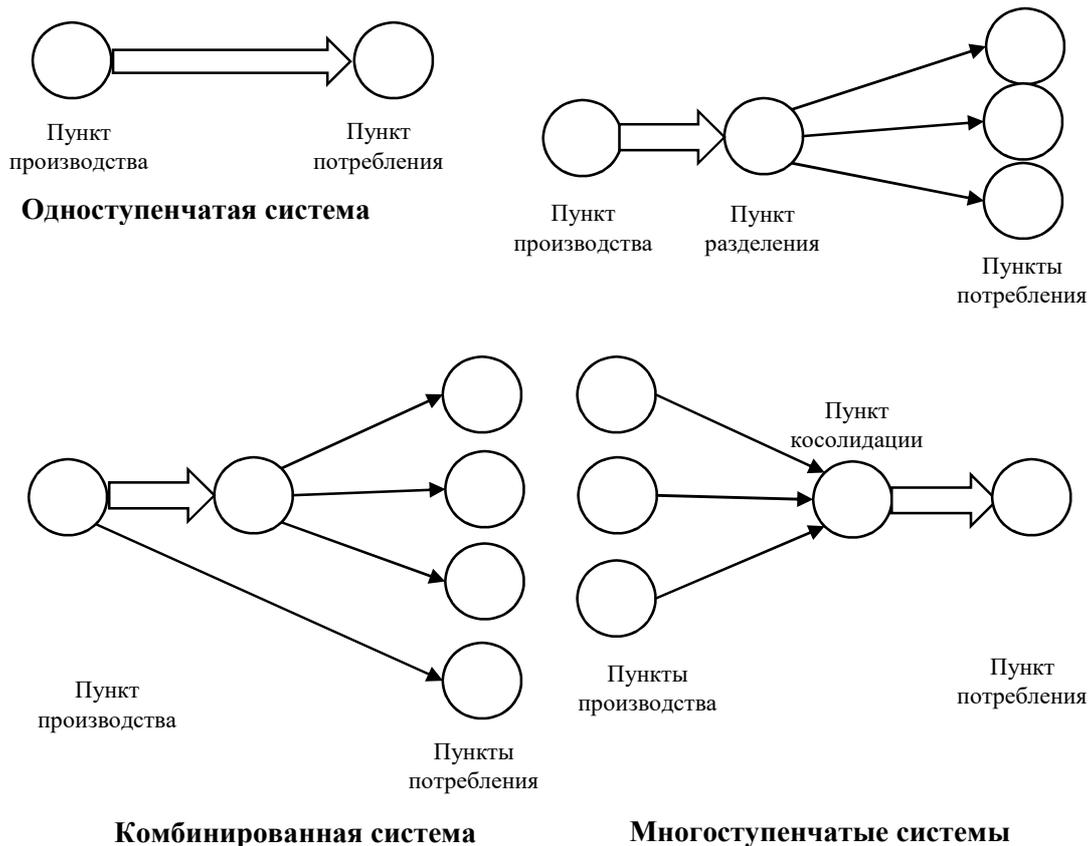


Рисунок 1.2 – Основные структуры логистической системы

Источник: [14, с. 6].

Основной функцией логистических процессов является пространственно-временное изменение характеристик материального потока. Реализация этой базовой функции часто также связана с функцией изменения количества и вида товаров. Эти функции выполняют основные процессы, связанные с движением материального потока (транспортировка, погрузочно-разгрузочные и складские процессы), и вспомогательные (процесс упаковки и маркировки товаров). Движение товаров между пунктом производства и пунктом потребления не является автоматическим и требует обмена информацией между ними. Информация предвосхищает, побуждает и сопровождает товары. Поэтому к логистическим процессам относятся не только процессы, связанные с движением материального потока, но и связанные с потоком информации. Информационная функция логистических систем осуществляется через процессы размещения и обработки заказов.

1.3 Классификация логистических систем

Системная форма организации реализуется посредством формирования логистических систем, основной целью которых является доставка продукции с заданными количественными и качественными характеристиками, с максимально возможной степенью подготовленных к производственному или индивидуальному потреблению при оптимальном уровне издержек. Логистическая система позволяет осуществлять интегрированное управление сферами снабжения, производства, складирования, управления запасами, транспортировкой, процессами распределения, что обеспечивает устойчивое положение компании на рынке и удовлетворение запросов потребителей [15, с. 100]. С позиций системного подхода логистическая система может быть сформирована на уровне любой экономической системы, начиная с экономики отдельного государства или группы государств и заканчивая предприятием. В результате структуризации систем высшего порядка или методом агрегации систем более низкого порядка можно выделить тот или иной класс логистической системы. Чаще всего логистические системы классифицируются по институциональному и функциональным критериям. Петр Блайк предлагает более полный перечень критериев классификации логистических систем, представленный в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Классификация логистических систем

Критерий классификации	Логистические системы и подсистемы
1	2
Институциональный (количество и тип учреждений, составляющих системы)	Микрологистическая система Мезологистическая система Макрологистическая система Внешняя логистическая система (межсистемное образование)
Функциональный (этапы материального потока)	Логистическая подсистема снабжения Логистическая подсистема планирования и управления производством Логистическая подсистема распределения (сбыта) Подсистема логистики возвратных потоков (возвратной тары, отходов производства, коммерческие возвраты и сервисное обслуживание)
Функциональный (содержание логистических задач)	Подсистема транспортировки Подсистема управления запасами Подсистема управления складом Подсистема упаковки Подсистема реализации заказов Подсистема сервисного обслуживания
Структурно-функциональный (структура функций управления и уровень принятия решений)	Подсистема планирования логистики Подсистема организации логистики Подсистема логистического контроля Подсистема нормативного управления Подсистема стратегического управления Подсистема операционного управления Система интегрированного управления логистикой

Окончание таблицы 1.1

1	2
Структурно-содержательный (типы процессов (потоков) и структур)	Подсистема интегрированного потока товаров (физические структуры) Подсистема интегрированной информации и принятия решений (информационная структура) Подсистема контроля и защиты организационно-институциональных решений (систем) и логистических процессов (логистических структур)
Критерий эффективности	Подсистема логистических затрат (входов) Подсистема логистического обслуживания (результатов)

Источник: составлено на основе [16, с. 73–74].

Институционально логистические системы подразделяются по типу и количеству организаций, присутствующих в них. По данному признаку П. Блайк выделяет пять видов логистических систем: 1) микрологистические; 2) металогистические или логистические цепи; 3) мезологистические; 4) макрологистические; 5) внешние или межсистемные образования. Микрологистическая система в данной классификации охватывает все логистические процессы в рамках отдельных хозяйственных организаций (логистическая система предприятия). Мезологистическая система – это система интегрированного управления материальным потоком, охватывающая различные организации, функционирующие в одной отрасли в условиях партнерства. Макрологистическая система – это система управления материальным потоком, в реальном масштабе времени охватывающая различные организации, находящиеся в разных регионах страны и функционирующие на межгосударственном либо трансконтинентальном уровне. То есть такие системы формируются на уровне государства, межгосударственных, межреспубликанских, межобластных связей.

Логистические межсистемные образования можно охарактеризовать как организационно-экономические формы установления и реализации хозяйственных связей внутри определенных макрологистических систем. К числу подобных межсистемных образований в логистике можно прежде всего отнести логистические цепи, логистические сети и логистические альянсы [17, с. 43].

По функциональному признаку логистическая система может быть представлена в виде следующих подсистем:

- подсистема снабжения, которая обеспечивает поступление материального потока в логистическую систему;
- подсистема планирования и управления производством, которая принимает материальный поток от подсистемы снабжения и управляет им в процессе выполнения различных технологических операций, превращающих предмет труда в продукт труда;

- подсистема распределения (сбыта), которая обеспечивает выбытие материального потока из логистической системы;
- подсистема возвратных потоков (возвратной тары, отходов производства, коммерческие возвраты и сервисное обслуживание), которая обеспечивает обратное движение материального потока из подсистем снабжения, планирования и управления производством и распределения по причинам функционального характера, несоответствия качества товаров и материальных ресурсов, а также перераспределения запасов.

Функциональный комплекс реализует управление основными операционными и координирующими логистическими функциями (управлением заказами, транспортировкой, складированием, грузопереработкой, упаковкой, управлением запасами и т.д.) в функциональных областях бизнеса компании: снабжении, производстве и распределении. Выполнение, координация и оптимизация логистической деятельности в этих областях привели к возникновению понятия «функциональная область логистики».

С точки зрения содержания логистических задач, связанных с пространственно-временным и количественно-качественным преобразованием, а также реализацией движения товаров и информации, в масштабах предприятия можно выделить следующие логистические подсистемы: транспортировки, управления запасами, управления складом, упаковки, реализации заказов, сервисного обслуживания клиентов. С учетом структуры функций управления по всей цепочке создания, трансформации и реализации логистических ценностей можно выделить логистические подсистемы планирования, организации и контроля, с точки зрения уровня принятия решений – нормативного управления, стратегического управления и оперативного управления.

Целевые значения показателей логистики и управления цепями поставок необходимо регулярно обновлять и осуществлять в их отношении циклический процесс контроллинга – планирование, исполнение и контроль – как для всей логистической цепи, так и для ее отдельных участков. Таким образом можно избежать неполной, частичной оптимизации и достичь системной эффективности целостного решения. Положительным эффектом внедрения логистического контроллинга является направление действий всех участников на всех уровнях иерархии управления компанией на достижение логистической эффективности и результативности [18]. Таким образом, комбинация двух критериев классификации (по функциям управления и уровню принятия решений) позволяет сформировать интегрированную систему управления логистикой.

В качестве еще одного критерия классификации логистических систем можно принять тип процессов (потоков) и структур, взаимное формирование и согласование которых является условием целенаправленной реализации общей концепции логистики. С этой точки зрения по всей цепочке

создания и преобразования логистических ценностей выделяют следующие объектные и структурные подсистемы логистики: 1) подсистема интегрированных потоков материалов, сырья, полуфабрикатов и готовой продукции (физические структуры); 2) подсистема интегрированных потоков информации и принятия решений, составляющих основу планирования, контроля, организации и контроля логистических задач (информационно-технические структуры); 3) подсистема регулирования и защиты в организационно-институциональном плане решений (систем) и логистических процессов (логистических структур).

Последний из классификационных критериев (см. таблицу 1.1) основан на критерии эффективности. Он учитывает обязательство логистической системы гарантировать, с одной стороны, достижение желаемого эффекта. Должно быть рациональное соотношение между входами и эффектами системы и отдельных подсистем. С системной точки зрения логистики проявления достижения ее целей и задач можно трактовать как эффект системы, а конкретные действия и мероприятия, предпринимаемые для реализации этих задач, отражаются в затратах системы. В этом смысле, с учетом основных составляющих эффективности и результативности логистической системы, можно выделить следующие две подсистемы: подсистема логистических затрат (входов); подсистема сервисно-логистического обеспечения (воздействия).

Контрольные вопросы

1. В чем заключается методология общей теории систем?
2. Перечислите основные принципы системного подхода.
3. Назовите признаки процесса «проектирование-моделирование».
4. Дайте определение понятия «логистическая система» и перечислите свойства логистических систем.
5. Назовите методы проектирования логистических систем и их особенности.
6. Дайте характеристику системы трансформации материального потока.
7. Перечислите основные виды структур логистических систем и их преимущества.
8. По каким признакам логистические системы классифицируются чаще всего?
9. Какие логистические подсистемы можно выделить по структурно-функциональному и структурно-содержательному критериям?
10. Какие компоненты логистической системы выделяются по критерию эффективности?

ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

2.1 Элементы систем массового обслуживания

Очереди, запасы, места хранения и т.д. встречаются повсюду. Они являются частью того, что обычно называют «системами массового обслуживания» или «системами очередей» (таблица 2.1). Понимание того, как функционируют и ведут себя системы массового обслуживания, позволяет решать проблемы в отношении таких систем и, конечно же, строить и анализировать их модели. Моделирование – один из инструментов анализа и решения проблем подобного типа.

Таблица 2.1 – Примеры систем с очередями

Ситуация в очереди	Проблемы, требующие решения
Самолеты ждут обслуживания	Какая политика обслуживания улучшает пропускную способность?
Постоянная занятость обслуживающего устройства (наличие узкого места)	Какое необходимо количество обслуживающих устройств?
Корабль ждет на причале в порту	Каков эффект добавления дополнительных ресурсов (например, погрузочно-разгрузочного крана) или измененного графика смен?
Страховые претензии, ожидающие обработки	Как можно организовать работу чтобы сократить время нахождения претензии в системе?
Пассажиры, ожидающие регистрации в аэропорту	Как можно разработать систему для ускорения регистрации как приоритетных, так и обычных пассажиров?
Грузовик ожидает погрузки на перевалочной площадке	Как распределить вилочные погрузчики для лучшего обслуживания ожидающих грузовиков? Как можно лучше спланировать прибытие грузовиков, чтобы сократить время ожидания?

Источник: [19, с. 50].

Системы массового обслуживания находятся в центре внимания многих методов совершенствования процессов, включая системы «Бережливого производства» и «Шесть сигма». Система «Бережливого производства» фокусируется на сокращении потерь в любой бизнес-системе. Потери могут принимать разные формы, не только с точки зрения дефектов, но и с точки зрения времени ожидания, запасов, транспортировки, перепроизводства и т.д. Все эти формы потерь встречаются в системах с очередями. Система «Шесть сигма» нацелена на снижение изменчивости в бизнес-системе.

Системы массового обслуживания состоят из трех основных элементов: клиентов, серверов и очередей. Взаимодействие этих элементов приводит к поведению системы массового обслуживания. Поведение обычно характеризуется показателями эффективности, также называемыми ключевыми

показателями эффективности (KPI). Пример простой системы массового обслуживания показан на рисунке 2.1.

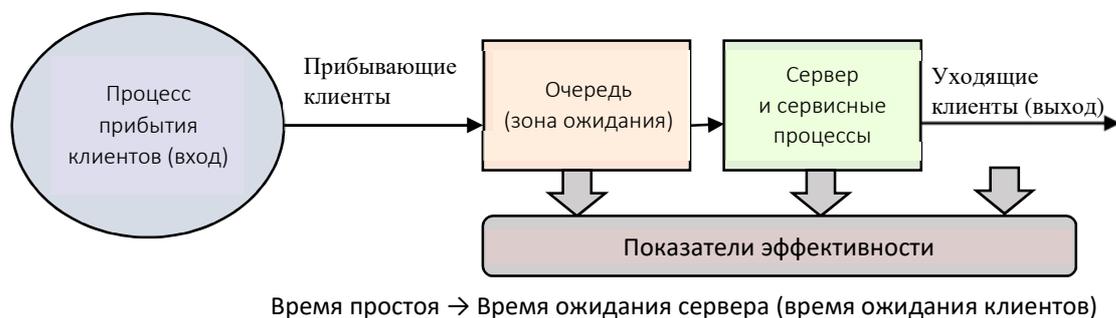


Рисунок 2.1 – Основные элементы простой системы массового обслуживания
 Источник: [19, с. 52].

Клиент – это общий термин для всего, что требует обслуживания, например, материал, который необходимо обработать или проверить, заказ, который необходимо забрать со склада, упаковать и отправить, люди (например, пассажиры), вещи (например, запчасти, транспортеры) или что-то более концептуальное или абстрактное (например, заказы, телефонные звонки). Клиенты перемещаются по системе, их движение во времени является основным фактором динамического поведения системы.

Сервер – это общий термин для всего, что предоставляет услуги, например, машины, инспекторы, обработчики заказов, вилочные погрузчики и т.д. Часто системы состоят из нескольких возможных серверов (например, нескольких касс в продуктовом магазине). Если эти серверы идентичны или, по крайней мере, предполагаются таковыми, они называются параллельными серверами, а система называется многосерверной системой.

Очереди – это зоны для клиентов, ожидающих доступа к серверу, например, для пассажиров, ожидающих регистрации, для материалов, ожидающих обработки или проверки, для заказов, ожидающих комплектации и упаковки и т.д.

Взаимодействие между клиентами и серверами приводит к фундаментальному компромиссу между стоимостью клиентов, ожидающих обслуживания, и стоимостью предоставления услуги. Этот компромисс представляет собой основу анализа систем массового обслуживания. Цель анализа – найти наилучший баланс между двумя видами затрат, поскольку они обратно пропорциональны (т.е. снижение затрат на ожидание клиента обычно влечет за собой увеличение затрат на предоставление услуги, и наоборот). Мы также можем рассматривать анализ систем очередей как компромисс времени ожидания для клиента (ожидание обслуживания) и сервера (время простоя при ожидании клиентов).

Время выполнения обычно определяется как время между отправкой запроса на обслуживание и его выполнением. Двумя ключевыми составляющими времени выполнения заказа являются время обработки и время ожидания. Время ожидания и обработки отдельных процессов накапливается, в результате чего увеличивается время выполнения заказа.

Далее рассмотрим более подробно характеристики трех основных элементов систем массового обслуживания – клиентов, серверов и очередей.

2.2 Основные характеристики клиентов

При моделировании и анализе систем массового обслуживания производительность часто определяется в основном характеристиками заявок, включая процесс поступления заявок, их тип, поведение при постановке в очередь, выбор сервера и совокупность вызовов.

Процесс прибытия клиента определяется с точки зрения метода прибытия и стационарности процесса. Метод прибытия (то есть, как клиенты попадают в систему) определяется одним из двух основных способов, основанных либо на времени между прибытием клиентов (называемое временем между прибытием), либо на расписании. Время между прибытиями обычно является случайными величинами и определяется распределением вероятностей. Часто процесс прибытия выражается в терминах скорости прибытия, а не фактического времени между прибытием. Например, если процесс прибытия определяется как средняя скорость 20 клиентов в час, то среднее время между прибытием составляет три минуты (обратная средняя скорость). Скорость поступления обычно считается постоянной и не зависит от количества клиентов, находящихся в настоящее время в системе. Процесс прибытия, который не меняется во времени, считается стационарным. Часто предполагается стационарность, но во многих случаях процесс прибытия нестационарен (например, количество прибытий в ресторан не является постоянным в течение всего дня).

Если основной процесс обслуживания для разных клиентов различается, то мы выделяем *типы клиентов*. Одним из таких различий может быть время ожидания обработки. Например, детали, поставляемые военным, могут потребовать большего количества проверок и, следовательно, более длительного времени обработки, чем те, которые предоставляются коммерческим клиентам. Маршрутизация разных клиентов может отличаться в зависимости от их типа. Например, часто летающие пассажиры обычно обрабатываются иначе, чем другие типы пассажиров при регистрации на рейс. Системы приоритета обрабатывают клиентов по-разному с точки зрения скорости обработки, количества ресурсов, типа ожидания и т.д.

Поведение в очереди. Большую часть времени прибывающие клиенты проводят в очереди и ждут обслуживания, однако возможны три альтернативных варианта их поведения.

1. Отказ от ожидания. Это происходит, когда заказчик приходит в систему, оценивает время ожидания как слишком долгое, и покидает систему, не становясь в очередь и не получая обслуживания. Решение обычно основывается на длине очереди. Решение об отказе может быть основано на компромиссе между воспринимаемым временем ожидания и добавленной стоимостью услуги. Например, предполагаемое время ожидания на кассе может считаться слишком большим для покупки одного продукта. Отказ также может возникать из-за нехватки места в очереди. Например, прибывающим автомобилям может быть негде припарковаться в автомастерской.

2. Ограниченное время ожидания. Клиент прибывает, встает в очередь и уходит до получения обслуживания из-за длительности ожидания. Это почти исключительно зависит от личных предпочтений и может варьироваться от ситуации к ситуации. Пороговые значения длительности ожидания услуги отличаются в зависимости от вида услуг.

3. Выбор очереди. Это происходит только в системах с несколькими очередями (например, когда для каждого сервера есть отдельная очередь). Касса в продуктовом магазине – хороший пример: по одной очереди на каждую кассу. В этом случае мы часто переходим на другую очередь ожидания, когда другие очереди движутся вперед быстрее, чем та, в которой мы находимся.

Выбор сервера. Если доступно несколько серверов, заказчик может выбрать, какой из серверов предоставляет услугу. Часто это не так, поскольку обычно предполагается, что серверы имеют равные возможности, и заказчик выбирает первый из доступных. В терминологии систем массового обслуживания подобные серверы называются параллельными.

Потенциальное число клиентов может быть конечным или бесконечным. Если предполагается бесконечное число клиентов, то на скорость поступления заявок не влияет количество клиентов, находящихся в настоящее время в системе. Это наиболее частая ситуация, однако, если система содержит ограниченное количество потенциальных клиентов, то количество клиентов, находящихся в системе, влияет на поведение системы. Например, система занимается ремонтом только десяти единиц оборудования и оборудование случайно выходит из строя.

2.3 Основные характеристики серверов

Характеристики серверов также могут сильно влиять на производительность систем очередей, включая время обслуживания или процесса,

этапы процесса, доступность, количество, потребности в ресурсах, приоритетное прерывание и выбор клиента.

Время обслуживания или время обработки. Обычно время обслуживания является случайной величиной и определяется распределением вероятностей. Как отмечалось ранее, время может варьироваться в зависимости от типа клиента. Альтернативный способ определения процесса обслуживания – в терминах скорости. Например, если среднее время обслуживания составляет три минуты, то средняя скорость обслуживания составляет 0,33 клиента в минуту или 20 клиентов в час. Скорость обслуживания обычно считается постоянной и не зависит от количества клиентов, находящихся в настоящее время в системе. Если сервер ускоряется или замедляется в зависимости от количества ожидающих клиентов, то говорят, что система имеет процесс обслуживания, зависящий от состояния.

Шаги процесса. В связи с предыдущим пунктом предоставление клиенту желаемой услуги может включать в себя набор процессов. Есть два типа этапов процесса: *общие* – ко всем клиентам применяется стандартный набор этапов процесса (например, обработка, очистка и проверка детали на рабочей станции). В этом случае этапы процесса часто объединяются в один процесс или время обслуживания. *Переменные* – этапы процесса могут варьироваться в зависимости от типа клиента (например, в отделении неотложной помощи этапы лечения пациента зависят от их классификации по сортировке) или могут быть прерывистыми (например, выполнять осмотр каждой пятой детали, произведенной на машине).

Разным клиентам могут потребоваться разные типы услуг, и поэтому набор этапов процесса может отличаться от клиента к клиенту.

Часто, в зависимости от типа клиента, необходимо выполнить операцию настройки до запланированного времени процесса. Например, при окраске деталей время окрашивания может быть одинаковым для каждого отдельного цвета, но включать время переключения, когда цвет изменяется, чтобы обеспечить операцию очистки между нанесениями разных цветов. В этом случае время настройки и время процесса необходимо разделять и применять индивидуально.

Доступность серверов. Серверы не всегда доступны для обслуживания (отключены). Во многих случаях модели предполагают 100% доступность сервера (без простоев), по крайней мере, на начальном этапе. Существует два основных типа простоев – плановые и незапланированные.

1. *Плановые простои.* В этой категории известны частота и продолжительность простоев. Например, люди делают перерывы, машины должны

быть пополнены или заменены для поддержки клиентов другого типа, а оборудование выходит из строя и требует ремонта. График смен также влияет на доступность как группу ресурсов.

2. Незапланированные простои. Здесь частота и продолжительность простоев неизвестны и обычно указываются как распределения вероятностей. Например, отказы оборудования обычно определяются его надежностью.

Количество серверов, необходимых для обеспечения удовлетворительного уровня обслуживания клиентов, часто является предметом анализа и ключевым аспектом разработки процесса. Количество серверов может меняться со временем (например, в зависимости от графика смены или для лучшего отслеживания уровня потребительского спроса).

Потребности в ресурсах. Серверу могут потребоваться другие ресурсы для завершения операции службы. Например, для этапа процесса может потребоваться дополнительный материал или общий ресурс (общий для серверов).

Приоритетность. Сервер может прерывать обслуживание, если есть необходимость обслужить другого более приоритетного клиента. Часто в отделении неотложной помощи прибывающий пациент прерывает обслуживание пациента, который в настоящее время проходит лечение, из-за серьезности случая. Кроме того, элемент в производственном процессе может быть прерван для выполнения срочного задания, которое либо выполняется с опозданием, либо для важного клиента.

Выбор клиента. Чаще всего в многосерверных системах клиенты отправляются на серверы (т.е. клиенты переходят на первый доступный сервер); однако в некоторых системах серверы выбирают клиентов. Процесс обмена данными между клиентами и серверами более подробно обсуждается в следующем разделе.

В более сложных системах клиенты и серверы не могут действовать независимо: эти взаимодействия влияют на поведение системы.

Типы. Работа системы может зависеть от отношений между конкретным типом клиента и конкретным типом сервера. Например, основная возможность сервера может быть предназначена для одного типа клиентов; он может обрабатывать другие типы, но не так эффективно.

Транспортировка. Основное предположение в теории очередей и простых имитационных моделях состоит в том, что клиенты переходят из очередей на серверы за нулевое время; однако во многих системах очередей задействован транспортный ресурс. Транспортный ресурс часто является общим (т.е. обслуживает несколько очередей или несколько систем). Примеры общего транспортного ресурса включают обработчик материалов, который перемещает материал между операциями в производственной системе, и координатор, который перемещает пациентов в системе здравоохранения.

Когда задействованы общие ресурсы, система ведет себя совершенно по-другому и, следовательно, демонстрирует существенно отличающуюся производительность. Производительность системы зависит от характеристик задействованных совместно используемых ресурсов, включая их доступность и использование, скорость, время загрузки клиента в очереди и разгрузки клиента на сервере, а также расстояния, на которые перемещаются общие ресурсы. Использование общего ресурса с ограниченной доступностью приведет к дополнительному времени ожидания как для клиентов, так и для серверов.

Общие ресурсы обычно рассматриваются в имитационных моделях, но их трудно учитывать в аналитических моделях.

Тянущая или толкающая система. В общем, предполагается, что заявки выталкиваются из очереди на сервер и, как отмечалось выше, время перехода незначительно. Как правило, это хорошее предположение, по крайней мере на начальном этапе, при определении и построении имитационных моделей; однако клиенты могут быть извлечены из очередей серверами. Системы вытягивания распространены в приложениях Lean. Важно понимать, какой подход используется в моделируемой системе, поскольку разные подходы могут привести к тому, что система будет вести себя совершенно по-разному и, таким образом, будет демонстрировать существенно разную производительность.

2.4 Основные характеристики очередей

Характеристики очереди также могут сильно повлиять на производительность систем очередей, включая емкость, дисциплину или порядок очереди, а также количество одновременно обслуживаемых клиентов.

Емкость очереди – это максимальное количество клиентов, которые могут находиться в очереди в любой момент времени.

Дисциплина очереди или порядок – то, как клиенты размещаются в очереди. Обычный порядок – первый пришел – первый ушел (FIFO) (т.е. клиенты располагаются в том порядке, в котором они вошли в систему). Противоположная дисциплина очереди – последний пришел – первый ушел (LIFO) (например, стек файлов рабочего стола часто работает таким образом – последний элемент, помещенный в стек, обрабатывается первым). Также существует множество способов упорядочения по приоритету (например, сортировка пациентов по степени тяжести их заболевания, обработка заказов, которые опаздывают первыми, и выбор задач на основе минимального ожидаемого времени обработки).

Количество одновременно обслуживаемых клиентов. Обычно клиенты отправляются на сервер по одному, однако возможно пакетирование, и в этом случае серверу одновременно передаются несколько заявок.

Системы массового обслуживания почти всегда предполагают компромисс между стоимостью предоставления услуги и стоимостью ожидания. Для достижения компромисса необходимо учитывать различные показатели производительности. Показатели обычно представляют собой среднее значение некоторого состояния системы. Общие состояния системы перечислены ниже. В зависимости от ситуации, количество и время выражаются либо в терминах очереди, либо в системе (время в очереди + время обслуживания):

- Количество клиентов в очереди / системе.
- Время ожидания (время в очереди), время в системе, время между двумя точками в процессе, время выполнения.
- Сервер занят или простаивает. Есть запланированные простои сервера (например, перерыв в работе оператора) и незапланированные (например, из-за сбоя в работе оборудования), ожидания другого ресурса, блокировка (клиент не может перейти к следующей операции) и т.д.
- Количество клиентов, отказавшихся от ожидания.
- Количество клиентов, покинувших очередь не дождавшись обслуживания.

Показатели также могут быть выражены в виде порогового значения (например, процент клиентов, которые ждали дольше определенного значения). Например, клиенты могут нервничать, если им приходится ждать более 15 минут, чтобы пройти проверку безопасности в аэропорту, или продукты могут испортиться, если они находятся в системе более восьми часов.

Время выполнения заказа обычно складывается из времени, которое требуется системе для выполнения нескольких процессов обслуживания. В каждом из них существует компромисс между противоположными показателями времени ожидания: ожидание клиентом обслуживания и ожидание сервером клиентов (часто называемое «простоем» или «бездействием» в противоположность «загрузке»). То, как достигается баланс, зависит от характеристик системы и затрат, связанных с ожиданием и предоставлением услуги.

2.5 Моделирование систем массового обслуживания

Формулы теории массового обслуживания дают хорошее представление о поведении простых систем, однако они часто ограничены предположениями и своей неспособностью обрабатывать сложные взаимодействия между компонентами системы массового обслуживания. В таких случаях

необходимо моделирование, чтобы понять и проанализировать поведение системы, оценить ее производительность.

Основное различие между подходами моделирования и теории очередей заключается в том, что моделирование основано на логике, а не на формулах. Логика настолько подробна и сложна, насколько это необходимо для адекватного представления системы для ответа на поставленные вопросы. Это фундаментальная предпосылка моделирования – модели должны быть настолько простыми, насколько это возможно, чтобы отвечать на рассматриваемые вопросы. Вот почему так важно сформулировать цель анализа как можно яснее и раньше. Излишнее моделирование, построение модели более сложной, чем она должна быть, не только тратит впустую время и ресурсы, но и может сделать модель нестабильной, трудной для документирования и обслуживания.

Для того, чтобы проиллюстрировать как моделирование позволяет понять поведение системы, рассмотрим два примера. В первом примере рассматривается влияние отказа от обслуживания из-за длины очереди и отказа от ожидания из-за длительности ожидания на производительность простой системы массового обслуживания, которые, как предполагается, не встречаются в базовых моделях теории массового обслуживания. Во втором примере рассматривается влияние связанных процессов и влияние простоя на поведение системы массового обслуживания. Имитационные модели обсуждаются только с точки зрения основного поведения системы массового обслуживания и эффекта ослабления ограничений и предположений.

Дискретно-событийное моделирование. Моделирование дискретных событий используется для представления систем, в которых состояния изменяются в дискретные моменты времени в результате происходящих событий. Системы массового обслуживания являются примерами систем с дискретными событиями. Прибытие клиентов – это один из типов событий, которые вызывают изменение состояний в системе; например, поступление заявки в систему может привести к занятости сервера или увеличению количества заявок, ожидающих в очереди. Прибытие клиентов происходит в дискретные моменты времени и меняет состояние системы (рисунок 2.2). В этом случае сервер простаивает в начале моделирования (значение состояния равно 0 для простоя) примерно до времени 1.5, когда придет заказчик. Сервер занят (состояние изменяется на значение 1 для занятого) во время действия службы, которая имеет продолжительность три минуты. Сервер снова становится бездействующим (изменение состояния на 0) в момент времени 4.5, если во время его работы не появились клиенты. В этом простом случае в течение 6 минут загрузка сервера составляет 50%, вычисляемая следующим образом: $[0 (1,5 + 1,5) + 1 (3)] \div 6,0 = 0,50$ или 50%.

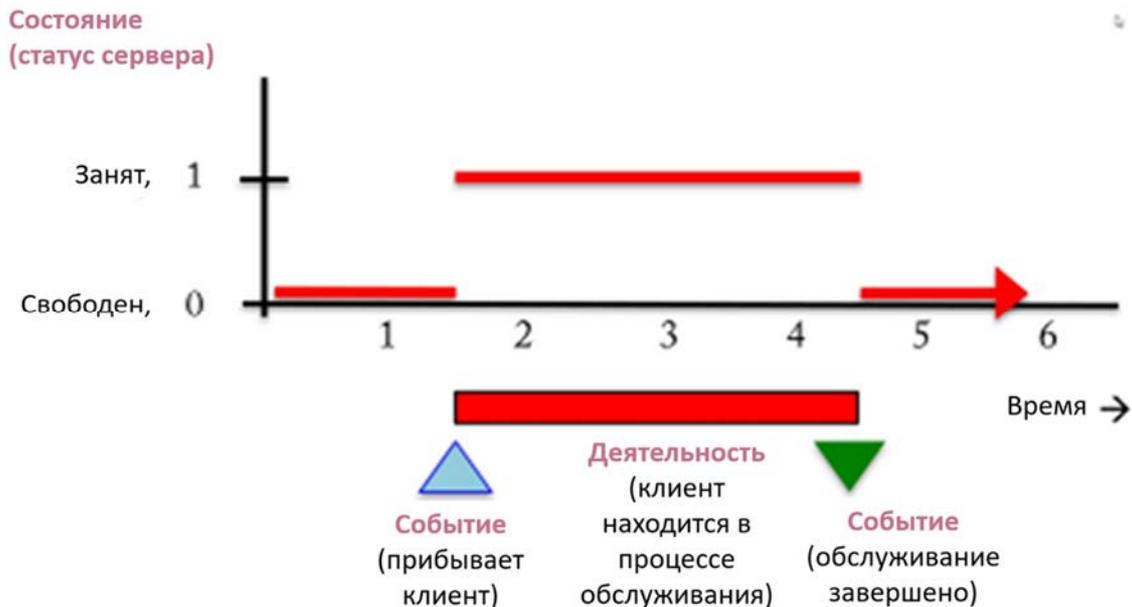


Рисунок 2.2 – Когда возникает событие состояние системы меняется
 Источник: [19, с. 75].

Использование сервера является примером средневзвешенного показателя производительности, т.е. это средневзвешенное значение состояний. В этом случае состояние сервера может иметь только два значения: 0 (простаивает) и 1 (занят). Сервер простаивал 3,0 минуты (состояние = 0) в течение 6-минутного моделирования, 1,5 – в начале и 1,5 – в конце. Единственное время занятости – это одно сервисное действие продолжительностью 3 минуты.

Другой пример системы массового обслуживания представлен на рисунке 2.3.

В этом случае мерой производительности является средний размер очереди. Состояние – это размер очереди, где минимальное значение равно 0 и теоретически нет максимума. Набор случайно сгенерированных времен между прибытием клиентов указан в левой части рисунка. Внутреннее время прибытия используется для времени события «прибытие клиента», которое обозначено на временной оси как направленный вверх треугольник. Набор случайно сгенерированных значений времени обслуживания указан в правой части рисунка. Первый клиент прибывает в момент времени 0 и время обслуживания составляет 6 минут. Событие ухода происходит, когда клиент завершает обслуживание. Следовательно, первое событие ухода происходит в момент времени 6, когда первый клиент завершает обслуживание. Как будет проиллюстрировано на следующем рисунке, события ухода зависят от взаимодействия статуса сервера и времени обслуживания. Таким образом, они зависят от динамики и логики системы и не могут быть определены заранее.

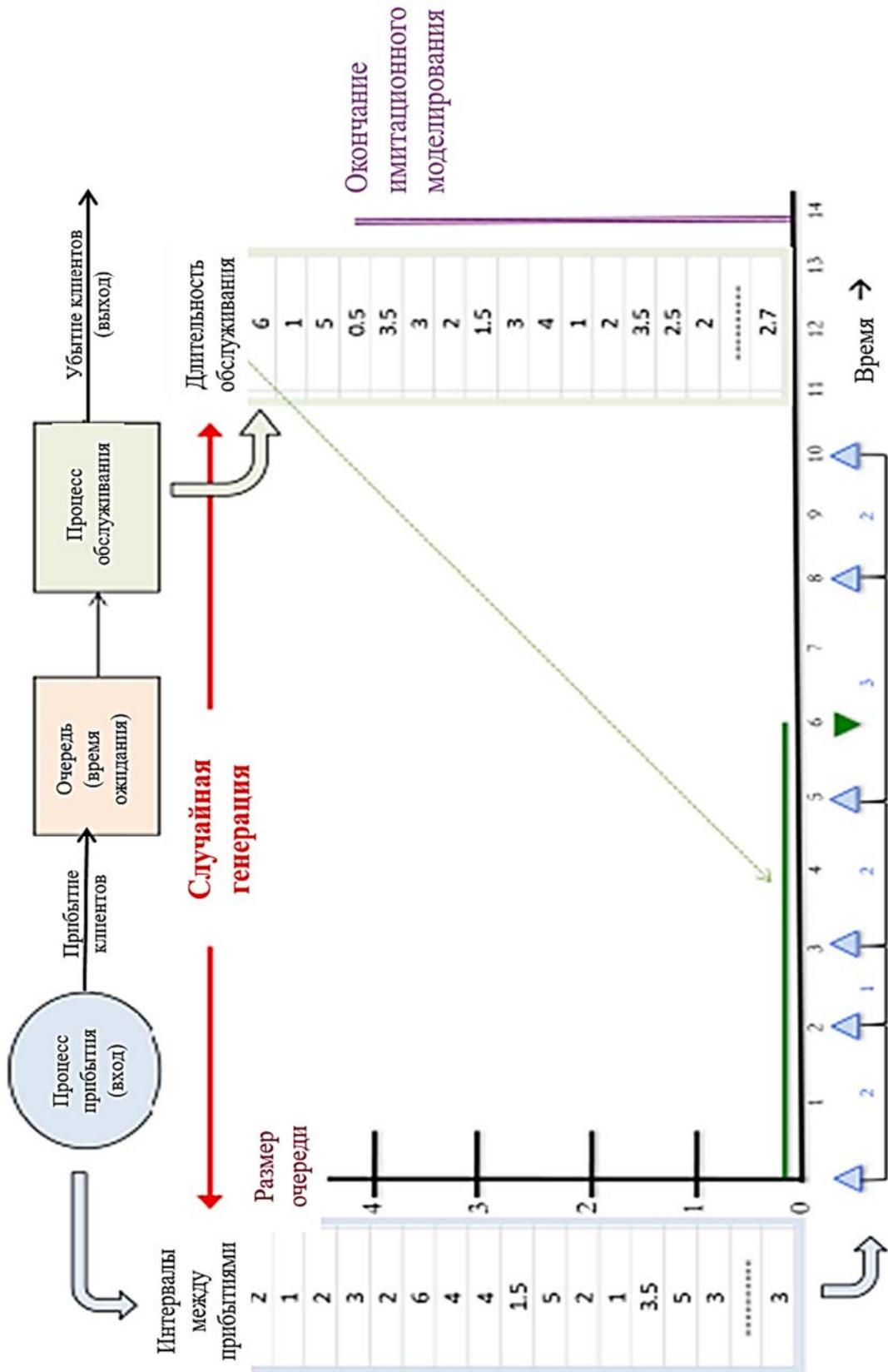


Рисунок 2.3 – Имитационное моделирование в системе массового обслуживания на основе случайного возникновения событий
 Источник: [19, с. 76].

На рисунке 2.4 показано ручное моделирование простой односерверной системы с использованием случайного времени прибытия и обслуживания.

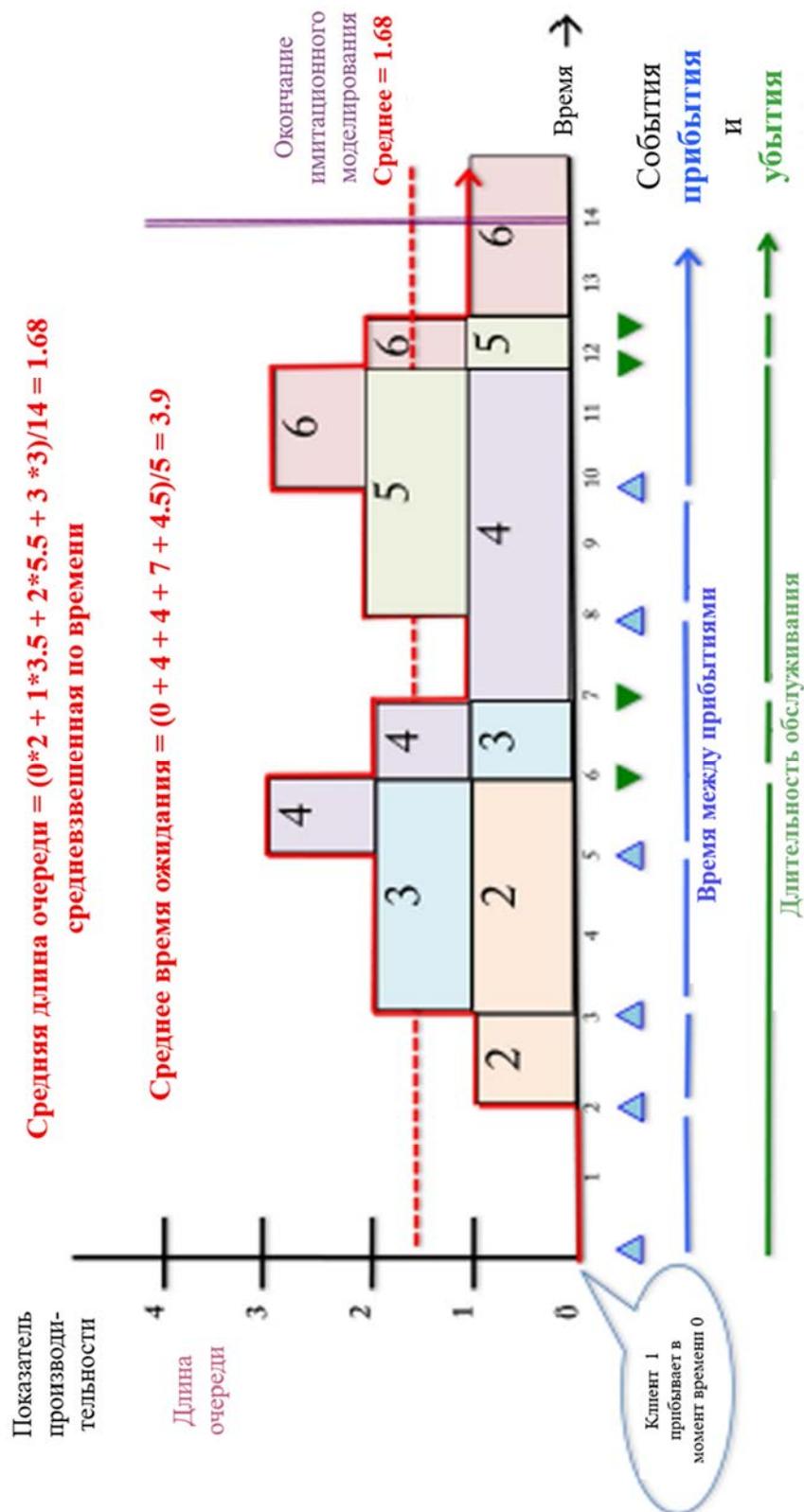


Рисунок 2.4 – Пример ручного моделирования дискретных событий
Источник: [19, с. 76].

Основная логика работы имитационной модели следующая: если приходит клиент, а сервер занят, то клиент присоединяется к очереди и с течением времени движется к обслуживанию в режиме FIFO. Например, клиент 2 прибывает во время 2, занимает первую позицию в очереди, поскольку сервер занят первым заказчиком, и отправляется на обслуживание в момент времени 6, когда заканчивается обслуживание первого клиента. Следовательно, время ожидания для клиента 2 равно 4. Время ожидания для клиента 1 равно 0, так как клиент прибывает к началу имитационного моделирования, когда сервер свободен. Аналогично, клиент 3 прибывает к моменту времени 3, занимает вторую позицию в очереди, поскольку клиент 1 находится в первой позиции, переходит к первой позиции в момент времени 6, когда начинается обслуживание клиента 1, и начинает обслуживание в момент времени 7, когда второй клиент покидает систему. Следовательно, время ожидания для клиента 3 равно 4. Эта логика продолжается в течение всего моделирования. Показатель эффективности (среднее время ожидания всех клиентов) вычисляется как сумма времени ожидания для каждого наблюдения, деленная на общее количество клиентов, поступивших на обслуживание.

Моделирование на рисунке 2.4 выполняется всего для 14 единиц времени, но оно все же иллюстрирует логику, задействованную в моделировании простой системы массового обслуживания, и влияние случайных событий на производительность системы. В дополнение к событиям прибытия и отбытия клиентов имитация включает событие «окончание имитационного моделирования», которое останавливает данный процесс. Что касается производительности системы, то при такой простоте сервер занят все 14 смоделированных минут (использование 100%). Размер очереди варьируется от нуля до трех заявок, а средневзвешенный по времени размер очереди составляет 1,68. Время ожидания для пяти клиентов, которые получили обслуживание, варьируется от нуля до семи, а среднее наблюдаемое время ожидания составляет 3,9 минуты (линия, проходящая по верхнему контуру фигуры на рисунке 2.4).

Безусловно, выбранная длительность моделирования для примера, который представлен на рисунке 2.4, слишком мала для получения значимых результатов, но данный пример используется только для того, чтобы проиллюстрировать процесс дискретно-событийного моделирования и порядок вычисления показателей производительности моделируемого процесса. Он также иллюстрирует разницу между использованием формул теории массового обслуживания для оценки производительности системы и использованием моделирования.

Как видно из этого небольшого примера, моделирование слишком утомительно, чтобы выполнять его вручную, поэтому оно выполняется компьютерами. Специализированное программное обеспечение необходимо для разработки и выполнения имитационных моделей даже простых систем, а также для анализа результатов моделирования.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные элементы систем массового обслуживания.
2. Приведите примеры клиентов, серверов и очередей в логистических системах массового обслуживания.
3. Какой компромисс является основой анализа систем массового обслуживания?
4. Перечислите основные характеристики клиентов в системах массового обслуживания.
5. Каким образом характеристики серверов влияют на производительность систем массового обслуживания?
6. Дайте объяснение зависимости между характеристиками серверов и клиентов.
7. Перечислите основные характеристики очередей в системах массового обслуживания.
8. С помощью каких показателей можно оценить производительность систем массового обслуживания?
9. Объясните разницу между моделированием и применением теории массового обслуживания с целью проектирования логистических систем массового обслуживания.
10. Дайте характеристику процесса дискретно-событийного моделирования и вычисления показателей производительности моделируемого процесса.

ГЛАВА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

3.1 Обзор программных средств имитационного моделирования

Имитационное моделирование – это распространенная разновидность аналогового моделирования, реализуемого с помощью набора математических инструментальных средств, специальных имитирующих компьютерных программ и технологий программирования, позволяющих посредством процессов-аналогов провести целенаправленное исследование структуры и функций реального сложного процесса в памяти компьютера в режиме «имитации», выполнить оптимизацию некоторых его параметров [20, с. 4].

История развития имитационных сред может быть представлена в виде последовательной смены шести поколений:

1) первое поколение (примерно 1950-е гг.) характеризуется построением имитационных моделей посредством программирования на языках высокого уровня. При этом имитационная модель строится для каждого конкретного процесса, явления или объекта без какой-либо специальной поддержки;

2) второе поколение (примерно 1960-е гг.) характеризуется специальной поддержкой моделирования в виде соответствующих библиотек подпрограмм, специальных выражений языков программирования, генераторов случайных чисел, средств представления результатов. Уже в период 1960–1965 гг. появляются первые языки моделирования: CSL (язык работ), Simula (язык процессов), Simgscript (язык событий), GPSS (язык транзактов);

3) третье поколение (1970-е гг.) характеризуется интенсивным развитием уже разработанных средств моделирования, ориентированных на повышение эффективности процессов моделирования и превращение имитационного моделирования в более простой и быстрый метод исследования сложных систем. Системы моделирования, разработанные в 1960–1970-е гг., были еще слишком сложны для широкого пользователя, прежде всего из-за сложности текстовой формы описания модели;

4) четвертое поколение (1980-е гг.) характеризуется ориентацией прикладных программ имитационного моделирования на конкретные области применения, на конкретные производственные системы. В это же время начинает активно развиваться анимация в данных системах. Делается ставка на визуализацию процесса создания моделей. Появляются и развиваются такие продукты, как GPSS PC, PC Model simfactory;

5) пятое поколение (1990-е гг.). В данный период создаются программы, имеющие ярко выраженный графический интерфейс;

б) шестое поколение (конец 1990-х гг. – наше время). Создаются мощные программные комплексы имитационного моделирования, в которых развиваются важнейшие особенности программных сред пятого поколения [21, с. 86].

За последние 20 лет имитационное моделирование стало одним из самых распространенных инструментов исследования сложных систем и процессов. В наше время на рынке программного обеспечения для имитации предлагается более 50 мощных программных средств имитационного моделирования [21, с. 86]. Применение данных систем обеспечивает возможность построения моделей и проведения имитационного моделирования без привлечения программистов. В таблице 3.1 представлен перечень некоторых программных комплексов.

Таблица 3.1 – Перечень некоторых программных комплексов, представленных на рынке средств имитационного моделирования

Программный комплекс	Вебсайт разработчика
LMS Amesim	https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/lms/imagine-lab/amesim/
AnyLogic	https://www.anylogic.com/
Arena	https://www.arenasimulation.com/
Dymola	http://www.dofware.com/prodotti/dymola/
EcosimPRO	https://www.ecosimpro.com/
Enterprise Dynamics	https://www.incontrolsim.com/product/enterprise-dynamics/
ExtendSim	https://www.extendstim.com/
Flexsim	https://www.flexsim.com/
GoldSim	https://www.goldsim.com/Home/
Lanner	https://www.lanner.com/
MapleSim	https://www.maplesoft.com/products/maplesim/
MatLab&Simulink	https://it.mathworks.com/
Plant Simulation	https://www.plm.automation.siemens.com/it/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/plantsimulation.shtml
Pro Model	https://www.promodel.com/
Simcad Pro	http://www.createasoft.com/
Simio	https://www.simio.com/index.php
Simul8	https://www.simul8.com/
VisSim	http://web.solidthinking.com/vissim-is-now-solidthinking-embed
Wolfram System Modeler	http://www.wolfram.com/system-modeler/

Источник: [22].

Различные виды программных комплексов, разработанных для целей имитационного моделирования, отличаются в основном областью применения, вычислительными возможностями, а также простотой в освоении и реализации.

3.2 Среда имитационного моделирования систем AnyLogic и FlexSim

Наиболее известными на рынке услуг по имитационному моделированию для целей проектирования логистических систем в настоящее время являются программные комплексы AnyLogic и FlexSim [23]. Обе системы были разработаны в 2003 г., первая – российской компанией The AnyLogic Company (бывшая XJ Technologies), вторая – американской компанией FlexSim Software Products. AnyLogic и FlexSim, также, как и большинство программных средств имитационного моделирования используют соглашения, связанные с приложениями Microsoft (управление файлами, раскрывающиеся меню, панели инструментов) и содержат одинаковый набор основных компонентов, которые представлены на рисунке 3.2. Однако, среда имитационного моделирования, включающая интерфейс пользователя, объекты моделирования и макет модели, а также набор выполняемых функций для каждого из программных средств являются уникальными.



Рисунок 3.1 – Основные компоненты программного обеспечения для имитационного моделирования

Источник: [19, с. 114].

На рисунке 3.2 представлен вид пользовательского интерфейса системы AnyLogic. Панель «Проекты» отображает содержимое моделей AnyLogic, открытых в рабочем пространстве в текущий момент. Элементы каждой модели отображаются в виде иерархического дерева, для облегчения навигации. Панель «Палитра» содержит все графические элементы AnyLogic, сгруппированные в отдельные палитры. Чтобы добавить тот или

иной элемент в модель необходимо перетащить соответствующий элемент из палитры в графический редактор. Панель «Свойства» позволяет просматривать и изменять свойства выделенных в текущий момент элементов модели. Чтобы открыть или закрыть панель необходимо выбрать в меню «Вид» соответствующий пункт с именем панели. Можно изменить размер панели перетащив мышью ее границу.

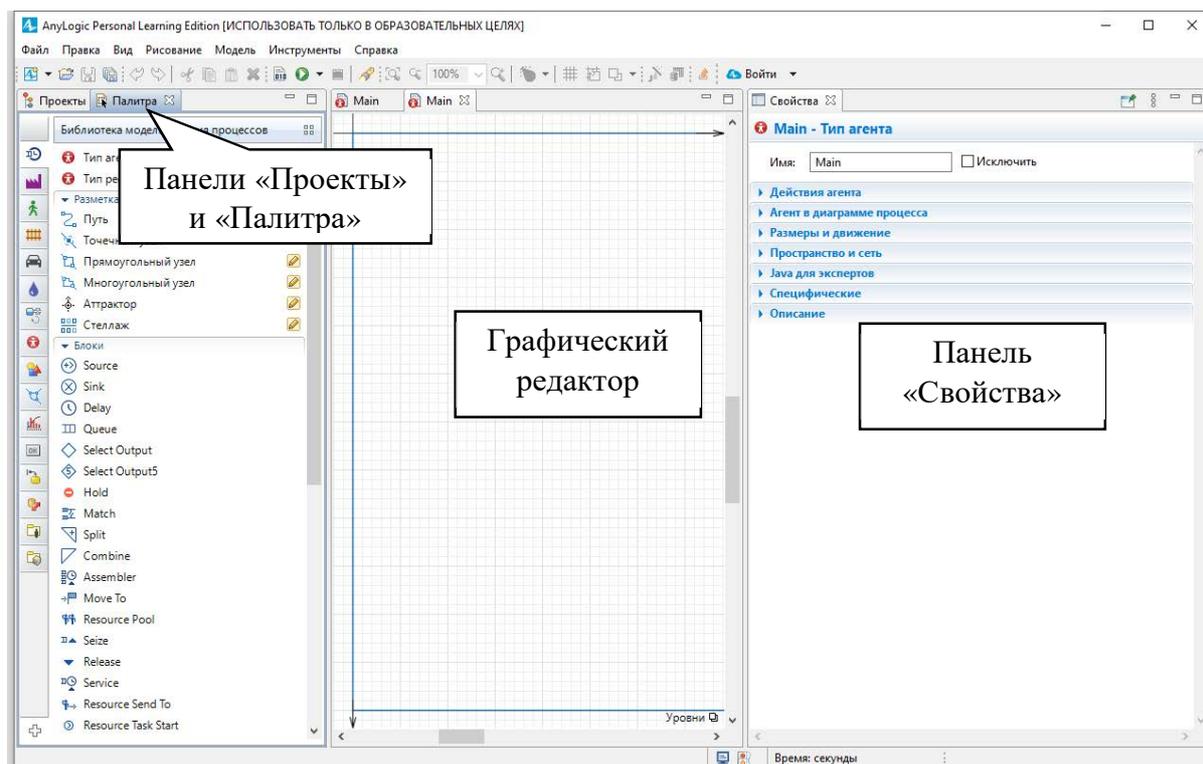


Рисунок 3.2 – Пользовательский интерфейс системы AnyLogic
Источник: [25, с. 24].

Система AnyLogic позволяет использовать три метода имитационного моделирования: дискретно-событийное, агентное и системную динамику. Каждый метод применяется в некотором диапазоне уровней абстракции. Системная динамика предполагает очень высокий уровень абстракции и, как правило, используется для стратегического моделирования. Дискретно-событийное моделирование поддерживает средний и низкий уровни абстракции. Между ними находятся агентные модели, которые могут быть как очень детализированными, когда агенты представляют физические объекты, так и предельно абстрактными, когда с помощью агентов моделируются конкурирующие компании или правительства государств [25, с. 12].

На данный момент не существует стандартного языка агентного моделирования. Структура агентной модели может быть задана как графически, так и с помощью сценариев. Поведение агента может быть задано различными способами. Если у агента есть состояние, от которого зависят его действия

и реакции, то его поведение лучше всего задавать с помощью диаграммы состояний. Иногда поведение агента задается действиями, выполняемыми при наступлении определенных событий. Иногда внутренняя динамика агента лучше всего задается с помощью дискретных событий или системной динамики. Так же и динамика среды, в которой живут агенты, может моделироваться с помощью традиционных методологий. По этой причине многие агентные модели совмещают в себе несколько подходов к моделированию. Агентами могут быть самые разные объекты: транспортные средства, оборудование, проекты, организации, земельные участки, люди и др.

Панель «Проекты» предоставляет простой и быстрый доступ к содержимому моделей, открытых в рабочем пространстве. AnyLogic отображает структуру каждой модели в виде иерархического дерева. По умолчанию в каждой модели создается один тип агента и один эксперимент, хранящий настройки запуска этой модели. Конфигурация запуска позволяет настраивать входные и выходные параметры модели перед ее загрузкой в облако AnyLogic Cloud. Двойной щелчок по типу агента или эксперименту открывает его диаграмму в графическом редакторе. Также у каждой модели есть своя встроенная база данных. База данных изначально пуста, но при необходимости можно импортировать в нее данные из внешней базы данных (например, MS Excel), а также собрать информацию о выполнении модели в специальные журналы. Щелчок по элементу модели в дереве выделяет этот элемент и показывает его в центре графического редактора. Типичная архитектура агентной модели в AnyLogic – агент Main, на диаграмме которого заданы популяции агентов других типов. В этом случае агент Main играет роль среды обитания для других агентов. Среда задает тип пространства, в котором живут агенты, расположение агентов в пространстве и сеть контактов агентов, которая может использоваться при их общении друг с другом.

Панель «Свойства» является контекстно-зависимой и отображает свойства выделенного в данный момент элемента. Чтобы изменить какое-либо свойство элемента, необходимо сначала выделить элемент щелчком в графическом редакторе или в панели «Проекты», а затем перейти в панель «Свойства».

Диаграммы состояний (карты состояний, стейтчарты) являются самым удобным средством задания поведения агента. Диаграммы состояний содержат состояния и переходы. Состояния диаграммы являются взаимоисключающими, то есть в каждый момент времени агент может находиться только в одном состоянии. Срабатывание перехода приводит к смене состояния и активации новых переходов. Допускается создание иерархических состояний, которые содержат внутри себя другие состояния и переходы. У одного агента может быть сразу несколько диаграмм состояний, каждая из которых описывает независимые аспекты поведения агента.

Переход из одного состояния в другое может быть вызван событиями различных типов:

- по таймауту – срабатывает после того, как состояние диаграммы пробудет активным в течение заданного промежутка времени (таймаута) с момента перехода управления в это состояние. Таймаут может быть задан как определенным числом, так и стохастическим (случайным) выражением;
- с заданной интенсивностью – моделирует смену состояния через случайный промежуток времени, когда известно среднее время пребывания в состоянии;
- при выполнении условия – переход отслеживает выполнение заданного логического (булевского) условия и срабатывает, когда это условие будет выполнено. Условие может зависеть как от текущего состояния данного агента, так и от состояний других объектов моделируемой системы. Условие проверяется только в моменты происхождения событий в модели;
- при получении сообщения – реагирует на получение сообщений от других агентов. Сообщения чаще всего моделируют общение/взаимодействие агентов друг с другом;
- по прибытию агента – срабатывает по прибытии агента в заданное место назначения.

Данные, полученные в результате прогона модели, визуализируются с помощью диаграмм, которые находятся в палитре «Статистика», раздел «Диаграммы».

Пользовательский интерфейс системы FlexSim выглядит аналогично интерфейсу системы AnyLogic, однако он менее удобен для русскоязычного пользователя из-за отсутствия русскоязычной версии (рисунок 3.3).

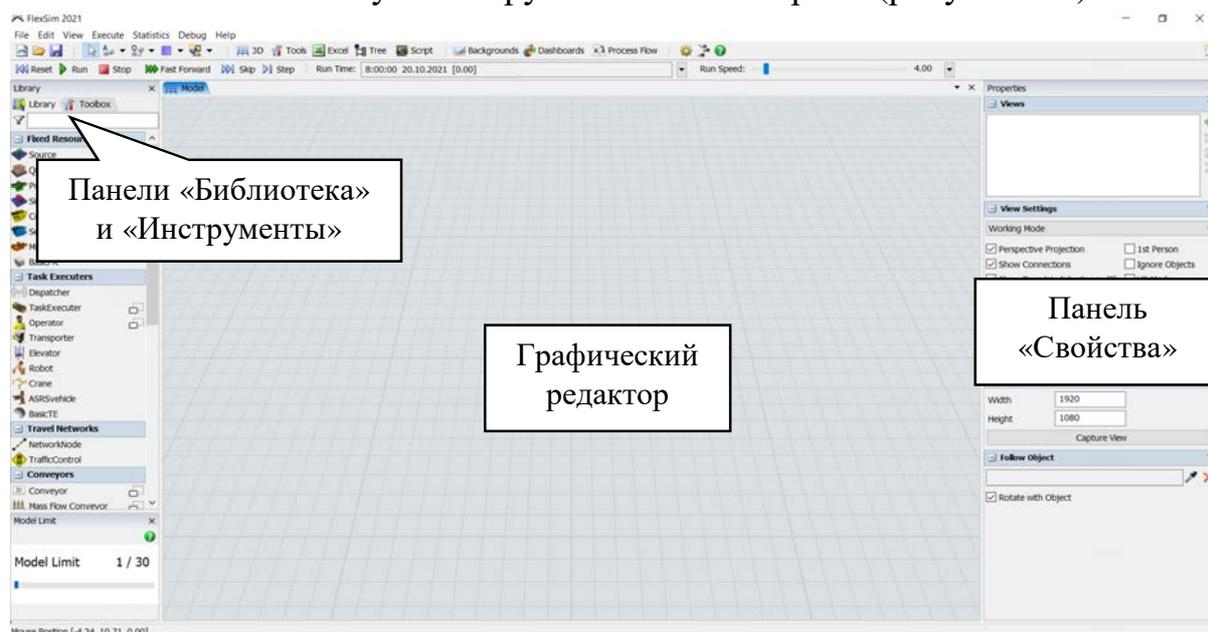


Рисунок 3.3 – Вид главного экрана системы FlexSim

Графические элементы, из которых строятся имитационные модели на поверхности географического редактора в системе FlexSim содержатся на панели «Library (библиотека)». Объект является основным строительным элементом моделирования и обычно представляет собой физический элемент, который выполняет определенную функцию. Объекты переносятся на поверхность моделирования по-разному. Самый распространенный способ – щелкнуть объект в сетке библиотеки, затем, удерживая кнопку мыши, перетащить его на поверхность макета. Все объекты в приложении моделирования имеют операционные переменные, которые можно изменять, чтобы характеризовать их работу.

В системе FlexSim существует два основных типа объектов: дискретные и непрерывные. Дискретные объекты используются для разработки имитационных моделей дискретных событий, где поведение модели является результатом событий, происходящих в дискретные моменты времени, таких как поступление объекта в систему или остановка машины из-за внутреннего отказа. Жидкие или непрерывные объекты используются для моделирования поведения, которое является результатом изменений, происходящих непрерывно с течением времени, таких как заполнение резервуара жидкостью.

В моделировании обычно участвуют реальные дискретные объекты, которые физически перемещаются в среде имитационного моделирования. Например, это может быть деталь, которая подвергается окрашиванию с помощью специального оборудования, ящик с грузом, который транспортируется на склад, или пассажир, движущийся через аэропорт. В системе FlexSim эти объекты называются элементами потока (FlowItem). В зависимости от вида модели это могут быть коробки, товары, клиенты, документы и др. Без элементов потока нет необходимости в осуществлении имитационного моделирования. В некоторых системах имитационного моделирования элементы потока называются сущностями или транзакциями. Элементы потока отображаются в разделе 'FlowItem Bin', доступ к которому осуществляется через закладку в меню 'Toolbox' (инструменты) в верхней части экрана. Обычно элементы потока вводятся в моделирование через исходный объект, где выбор использования трехмерного изображения указан в раскрывающемся меню.

Элементы потока взаимодействуют в процессе имитационного моделирования с объектами. Объекты могут выполнять операцию, задерживать или перемещать элементы потока. В системе FlexSim существует две основные категории таких дискретных объектов: фиксированные ресурсы и мобильные ресурсы (исполнитель задачи).

Фиксированные ресурсы – это объекты, которые отправляют, получают и выполняют действия / операции с элементами потока. Они также являются наиболее распространенным типом объектов. Они называются фиксированными, потому что они в основном стационарные. После того, как они помещены на поверхность модели, они, как правило, остаются на этом месте, если позже пользователь модели не будет ими манипулировать. Транспортировка элементов потока – это физическое перемещение от одного ресурса к другому. Это движение может происходить по-разному. По умолчанию фиксированные объекты ресурсов в модели передают друг другу элементы потока мгновенно (за нулевое время моделирования). Кроме того, элементы потока могут перемещаться от одного фиксированного ресурса к другому посредством использования промежуточного объекта фиксированного ресурса, такого как конвейер.

Объекты потока также могут перемещать мобильные объекты или исполнители задач. Это особые объекты, обладающие подвижностью внутри модели. Как следует из названия, они могут свободно перемещаться в рамках модели, выполняя задачи, которые им были назначены. Они могут транспортировать элементы потока или использоваться в качестве ресурса для фиксированного ресурса. Примерами исполнителей задач, которые перемещают элементы потока, являются вилочные погрузчики, краны или люди. Исполнители задач, которые переходят на фиксированные ресурсы и выполняют другие задачи, включают оператора, необходимого для выполнения некоторых операций по настройке, обработке или обслуживанию.

В системе FlexSim фиксированные ресурсы перемещают элементы потока через модель, используя соединения портов. Эти соединения устанавливают необходимые отношения между объектами для определения направления потока. Каждое отношение выхода к входу определяет возможный маршрут движения между фиксированными ресурсами. Каждое возможное направление движения элементов потока в модели должно иметь соединение, которое его определяет. В системе FlexSim элементы потока могут перемещаться от одного фиксированного объекта ресурса к другому разными способами: немедленно, с помощью конвейера или с помощью исполнителя задачи.

В таблице 3.2 определены некоторые основные функции и имена объектов, используемых в системе FlexSim для реализации функциональности в модели. Это неполный список, который используется только для ознакомления с основными функциями. Как показано в таблице, некоторые функции могут выполняться разными объектами, например, предмет может перемещаться фиксированным объектом, таким как конвейер, или мобильным объектом, таким как человек. Выбор объекта зависит от контекста в системе.

Таблица 3.2 – Связь между функциями и объектами в системе FlexSim

Функция	Объект
Создать	Source
Уничтожить	Sink
Задержать – плановая длительность	Processor, Multiprocessor
Задержать – незапланированная длительность	Queue, Conveyor
Группировать	Combiner
Разгруппировать	Separator
Передать	Conveyor, Task Executer

Источник: [19, с. 113].

Большинство программных продуктов, предназначенных для имитационного моделирования выполняют аналогичные функции, однако имеют свой уникальный интерфейс и логику построения моделей.

Определенный набор объектов моделирования упрощает построение модели. К таким объектам относятся очереди, в которых хранятся элементы, ожидающие обработки (из-за незапланированных задержек), объекты обработки, которые изменяют или создают запланированные задержки для элементов по мере их прохождения через модель (операции службы), транспортные объекты, которые перемещают элементы по модели. Возможности таких объектов различаются в различных программных продуктах для моделирования. Некоторое программное обеспечение позволяет пользователям легко изменять поведение объектов, а опытным пользователям – создавать свои собственные объекты.

3.3 Работа случайных пользователей с имитационной моделью

Моделирование – это прикладная технология. Имитационная модель, построенная без причины или проблемы, не представляет особой ценности. Следовательно, для того, чтобы оценить и понять имитационное моделирование его необходимо апробировать.

Случайный пользователь – это пользователь, который не занимается имитационным моделированием регулярно, но может понять ценность данного метода принятия решений. Обычно основной обязанностью этого человека является нечто иное, чем моделирование. Это может быть менеджер, ведущий инженер, руководитель группы и т.д. Случайный пользователь не имеет опыта в построении имитационных моделей, но, получив небольшой опыт, может использовать результаты моделей, построенных другими специалистами, особенно если имитационная модель интуитивно понятна. Однако предполагается, что пользователь знаком с некоторыми основными концепциями моделирования.

Случайный пользователь знает о моделировании достаточно, чтобы создать функциональную спецификацию для других, основываясь на своих знаниях моделируемой системы. Как «владелец» проблемы или вопроса, который будет изучен с помощью моделирования, случайный пользователь может подробно описать требования к моделированию, определить границы модели и установить показатели для анализа.

Разработка имитационных моделей осуществляется пользователями среднего уровня и опытными пользователями. Разработанные модели могут быть открыты и запущены без каких-либо сведений о базовом программном приложении. Задача случайного пользователя – понять моделирование, которое он просматривает, и интерпретировать результаты. Интерфейс моделирования обычно позволяет пользователю изменять определенные переменные и просматривать ранее определенные показатели. Для моделирования, которое содержит случайные события, это может сбивать с толку. Почти каждое событие в мире будет происходить каждый раз по-разному. Каждое событие уникально и находится под влиянием факторов окружающей среды. Это явление характеризуется в имитационных моделях с помощью случайных событий, определяемых распределениями вероятностей. Эти статистические распределения могут быть разработаны на основе исторических данных или экспертных оценок.

Как показано на рисунке 3.4, входные данные имитационной модели включают случайные величины, поэтому модель считается стохастической. Эти стохастические входные данные представляют собой подмножество неконтролируемых переменных в модели (т.е. они не контролируются лицом, принимающим решение).

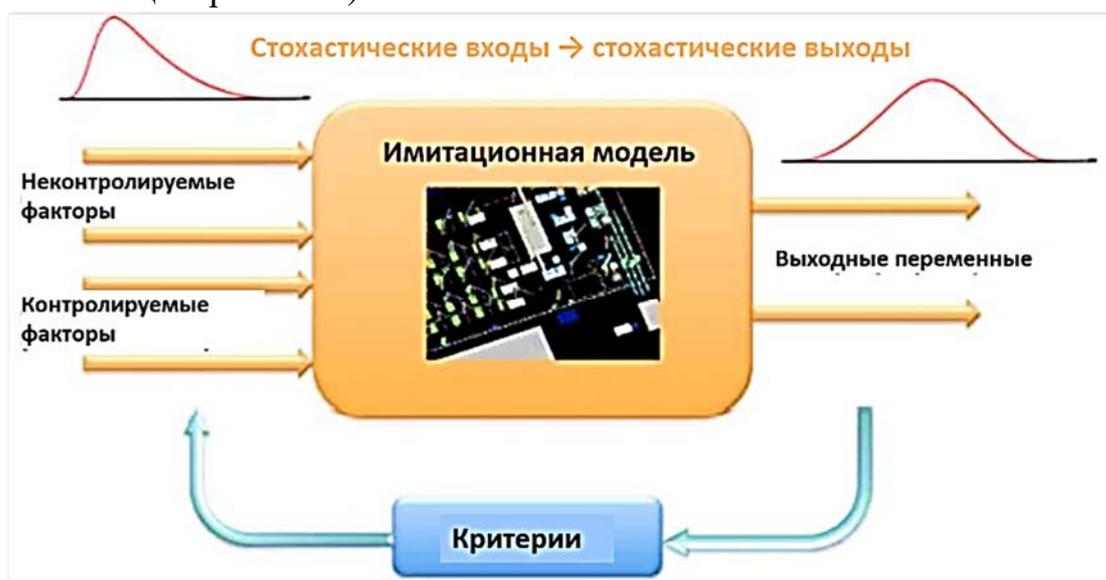


Рисунок 3.4 – Стохастическое моделирование

Источник: [19, с. 28].

Управляемые факторы или переменные решения – это те факторы, которыми манипулируют в модели для повышения производительности системы (например, количество рабочих станций, количество транспортеров для перемещения продуктов, правила обработки). Поскольку входные данные модели являются стохастическими, выход или показатели производительности также являются стохастическими. Следует проявлять осторожность при оценке стохастического выхода. Один прогон модели представляет только один вариант поведения системы, следовательно, не следует принимать решение о том, верна ли модель или одна альтернатива лучше другой, на основе одного прогона, поскольку он может представлять нетипичный случай поведения системы.

Суть в том, что моделирование, использующее случайные события, должно выполняться либо в течение длительного периода времени, либо много раз. Это единственный способ получить данные, которые можно использовать для принятия обоснованных решений. Продолжительность работы имитационной модели или количество ее прогонов для обеспечения определенного уровня надежности результатов определяется на основе статистических методов.

На рисунке 3.4 показана схема использования имитационных моделей. После того, как задаются исходные данные для решения задачи, модель запускается и получаются выходные данные. Затем пользователь меняет входные данные (на основе полученных выходных данных в результате начального прогона, а также заданных критериев производительности системы) и повторно запускает модель. Пользователь продолжает этот итеративный процесс до тех пор, пока не будет достигнута удовлетворительная конфигурация системы.

Почти все имитационные модели содержат некоторую степень случайности. Для того, чтобы решать проблемы на основе имитационного моделирования случайным пользователям достаточно использовать только один или несколько прогонов модели. Однако это не означает преуменьшения важности статистического анализа – неотъемлемой части любого проекта моделирования. Тем не менее, случайные пользователи обычно просто запускают моделирование и собирают данные без учета требований теории статистического анализа. Это связано с использованием модели, разработанной кем-то другим, а экспериментальные условия заранее заданы в среде выполнения модели. Имитационные модели обычно встраиваются в системы поддержки принятия решений, которые освобождают пользователя от подключения к необходимым наборам данных, форматирования результатов и настройки экспериментов.

Контрольные вопросы

1. Каким образом реализуется имитационное моделирование реальных процессов?
2. Назовите наиболее распространенные программные продукты, которые используются на рынке услуг по имитационному моделированию.
3. Что из себя представляют объекты в большинстве программ имитационного моделирования?
4. Перечислите основные компоненты программного обеспечения для имитационного моделирования.
5. Какие области можно выделить на главном экране системы FlexSim?
6. Что из себя представляют дискретные объекты?
7. Приведите примеры фиксированных ресурсов и поясните, каким образом они участвуют в процессе имитационного моделирования.
8. В чем заключается роль случайного пользователя при работе с системами имитационного моделирования?
9. Что из себя представляют входные и выходные данные имитационной модели?
10. Каким образом определяется необходимое количество прогонов имитационной модели?

ГЛАВА 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКЛАДСКИХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

4.1 Роль складского хозяйства в логистической системе. Виды складов

Складская логистика (логистика складирования) – это отрасль логистики, занимающаяся вопросами разработки методов организации складского хозяйства, системы закупок, приемки, размещения, учета товаров и управления запасами с целью минимизации затрат, связанных со складированием и переработкой товаров.

Материально-техническую основу складирования на предприятии составляет его складское хозяйство. *Складское хозяйство* – это сложная техническая подсистема предприятия, имеющая определенные цели, структуру, техническое оснащение, технологию погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ и взаимосвязанная как с основными технологическими процессами промышленного предприятия, так и с магистральным транспортом, внешним и внутривозовским промышленным транспортом.

Склад – это ограниченное охраняемое пространство, приспособленное для хранения и переработки грузов с целью сохранения их качества и выравнивания материалопотоков по времени, объемам и ассортименту.

Складирование продукции необходимо в связи с имеющимися колебаниями циклов производства, транспортировки и потребления. Склады различных типов могут создаваться в начале, середине и конце транспортных грузопотоков или производственных процессов для временного накопления грузов и своевременного снабжения производства материалами в нужных количествах (рисунок 4.1).

Движение через склад связано с затратами живого и овеществленного труда, а это увеличивает стоимость товара. В связи с этим проблемы, связанные с функционированием складов, оказывают значительное влияние на оптимизацию движения материальных потоков в логистической цепи и в конечном итоге на совокупные издержки обращения.

Склад всегда взаимодействует, по меньшей мере, с двумя видами транспорта: транспортом прибытия, который доставляет грузы на склад, и транспортом отправления, который забирает грузы (рисунок 4.2). С транспортом прибытия T_1 на склад поступает грузопоток прибытия Q_1 , который характеризуется множеством параметров $\{A_i\}$. С транспортом отправления T_2 со склада отправляется грузопоток отправления Q_2 , который характеризуется другим множеством тех же параметров $\{B_i\}$. Один из параметров грузопотоков прибытия и отправления – общая величина годового грузопотока прибытия и отправления (т/год или шт/год), примерно равная: $|Q_1| \approx |Q_2| = Q$.



Рисунок 4.1 – Склады в функциональных областях логистики

Источник: разработано на основе [26, с. 18].

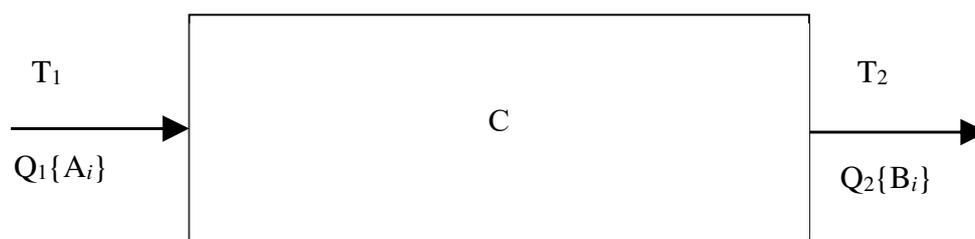


Рисунок 4.2 – Схема взаимодействия склада (С)

с транспортом прибытия грузов (Т₁) и транспортом отправления (Т₂)

Источник: [27, с. 33].

В результате переработки грузов на складе могут меняться следующие параметры грузопотоков:

- *размеры транспортных партий грузов* (например, грузы прибывают целыми вагонами по 50–60 транспортных пакетов, а выдаются на автотранспорт партиями по 5–10 пакетов);
- *число наименований грузов в транспортных партиях* (в вагоне может прийти до 1000–1500 наименований разных грузов, а выдаваться потребителям могут транспортные партии из 10–20 наименований грузов);
- *характер и параметры грузовых транспортных единиц* (грузы могут поступать на склад в контейнерах, а выдаваться со склада в транспортных пакетах, на поддонах);
- *характер и параметры транспортной тары и упаковки грузов* (например, грузы могут поступать на склад в крупных ящиках или картонных коробках по 100–200 изделий, а выдаваться со склада отдельными пачками или упаковками по 4–6 изделий);

– время отправления транспортной партии t_2 не совпадает с временем её прибытия на склад t_1 (разница этих моментов времени представляет собой срок хранения грузов на складе).

В логистической деятельности используется множество разновидностей складов, классификация которых проводится на основе целого ряда характеристик: 1) базисных областей логистики; 2) формы собственности; 3) функционального назначения; 4) товарной специализации; 5) размеров площади; 6) технической оснащённости; 7) вида складского здания и прилегающих территорий.

По отношению к базисным областям логистики склады классифицируются следующим образом:

– склады снабженческой логистики:

1) склады сырья и материалов (свойства: однородный груз (жидкий, сыпучий или навалом); обрабатываются большие партии груза; высокая интенсивность грузопотоков; ритмичный график поставок потребителю; относительно постоянная оборачиваемость; автоматизирование и высокая механизация складских процессов (в зависимости от технического уровня снабжаемого производства));

2) склады продукции производственного назначения (свойства: тарные, штучные грузы с высокой массой; относительно однородная номенклатура грузов; большие объёмы переработки; высокий уровень механизации и автоматизации);

3) склады производственной логистики;

4) склады промежуточного производства;

5) склады инструментов (свойства: хранение запасов незавершённого производства, приборов, инструментов, запасных частей; переработка связана с относительно постоянной номенклатурой грузов; периодичность поступления груза; малые сроки хранения груза; уровень технической оснащённости зависит от автоматизации и механизации производственного процесса);

– склады распределительной логистики предназначены для поддержания непрерывности продвижения товаров из сферы производства в сферу потребления для преобразования производственного ассортимента в торговый и бесперебойного обеспечения конечного потребителя:

1) склады готовой продукции и распределительные склады производителей (свойства: штучные и тарные товары; относительная однородность продукции по номенклатуре; высокий грузооборот; крупнопартионная реализация; высокий уровень механизации и автоматизации);

2) склады оптовой торговли: крупнорегиональные склады, распределительная складская сеть, снабженческая розничная сеть (свойства: концентрация запасов с широкой номенклатурой груза; неравномерный грузооборот; сезонность хранения (в некоторых случаях); реализация различных по объему партий грузов; целесообразность применения высокого уровня механизации и автоматизации для распределительных складов, оптовых или крупнорегиональных распределительных складов; целесообразность применения ручной комплектации и низших уровней механизации для складов оптово-розничной сети);

3) склады розничной торговли (свойства: частые отправки мелкими партиями; автоматизация исключена);

4) склады транспортных организаций (терминалы) (свойства: высокая интенсивность грузопотоков; равномерный грузооборот; высокий уровень механизации и автоматизации; разнородность товаров).

Форма собственности таких складов зависит от выбора производственной стратегии и возможностей компании: 1) собственные склады фирмы; 2) коммерческие склады (склад общего пользования) – в случае аутсорсинга процессов складирования.

Склады могут быть универсальными или *определенной товарной специализации*. Последний вид складов может быть следующих товарных спецификаций: ряда наименований химической продукции; склад пластмассовой и полимерной продукции (закрытый); бумажной продукции и т.п.

По размерам площади склады могут быть: мелкие (до 500 м²); средние 1 категории (500–1000 м²); средние 2 категории (1000–2500 м²); крупные 1 категории (2500–10 000 м²); крупные 2 категории (от 10 000 м² и выше).

Склады *по технической оснащенности* классифицируются *по типам производящихся на них складских работ*: ручные; механизированные; комплексно-автоматизированные; комплексно-механизированные; автоматизированные.

По виду и архитектурным параметрам складские здания разделяют на: многоэтажные склады; одноэтажные склады: высотой до 6 м; высотные склады (высотой до 7,2 м); высотно-стеллажные склады (высотой до 10 м; склады, в которых система стеллажей выполняет также функцию несущей конструкции здания склада); ангары (модули высотой до 8 м с зафиксированными размерами из быстровозводимых конструкций); площадки открытые; полузакрытые площадки (оборудованы навесом, имеют от одной до трех легких стен для защиты от ветра).

4.2 Структура склада. Общие сведения по расчету склада

Складское хозяйство – это совокупность следующих составляющих:

- 1) складские помещения и территории;
- 2) системы погрузки, разгрузки (оборудование для погрузки/разгрузки, авторампы, ж/д рампы и пр.);
- 3) внутренние транспортные системы (конвейеры, авто- и электропогрузчики, вагонетки и пр.);
- 4) системы переработки грузов (системы штрих-кодирования, линии паке-тирования и упаковки, сортировки, коммиссионирования – составления заказов);
- 5) системы хранения грузов (стеллажи, специальные емкости, спецобо-рудование для сохранения качества грузов);
- 6) системы складского учета грузов (ручные и автоматизированные / компьютеризированные) [28, с. 95].

Структура склада как технической системы включает следующие эле-менты (рисунок 4.3): Р – участок разгрузки грузов с транспорта прибытия; ВХ-1 – участок временного хранения прибывающих на склад грузов; ПС – участок приема и сортировки поступающих на склад грузов; Х – участок (или зоны) хранения грузов; ОТ – участок отборки грузов по заказам; К – участок комплектации грузов по заказам; ВХ-2 – участок временного хранения выдаваемых со склада грузов; П – участок погрузки грузов на транспорт отправления; У – участок (или подсистема) управления складом; 1–13 – внутрискладские грузопотоки; Т₁ – транспорт доставки грузов на склад; Т₂ – транспорт выдачи грузов со склада.

Необходимая вместимость (емкость) склада, $E_{\text{скл}}$, т (м³), определя-ется по формуле (4.1):

$$E_{\text{скл}} = Q_c \cdot T_{\text{хр}} \cdot \beta_{\text{скл}}, \quad (4.1)$$

где Q_c – среднесуточный грузопоток;

$T_{\text{хр}}$ – срок хранения груза на складе, сут.;

$\beta_{\text{скл}}$ – коэффициент складирuемости, учитывающий долю грузов, вы-гружаемых на склад.

При детерминированном режиме работы среднесуточный грузопоток Q_c , т (м³), определяется по формуле (4.2).

$$Q_c = \frac{Q_{\text{г}} \cdot K_{\text{н}}}{365 - T_{\text{пр}}}, \quad (4.2)$$

где $Q_{\text{г}}$ – годовой грузопоток, т (м³);

$T_{пр}$ – регламентированный простой погрузочно-разгрузочных машин в течение года (учитываются целносменныe перерывы в работе машин, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом, по метеорологическим и другим условиям), суток. Ориентировочно $T_{пр} = 30–65$ сут.;

K_n – коэффициент неравномерности прибытия и отправления грузов, который зависит от вида груза и величины годового грузооборота.

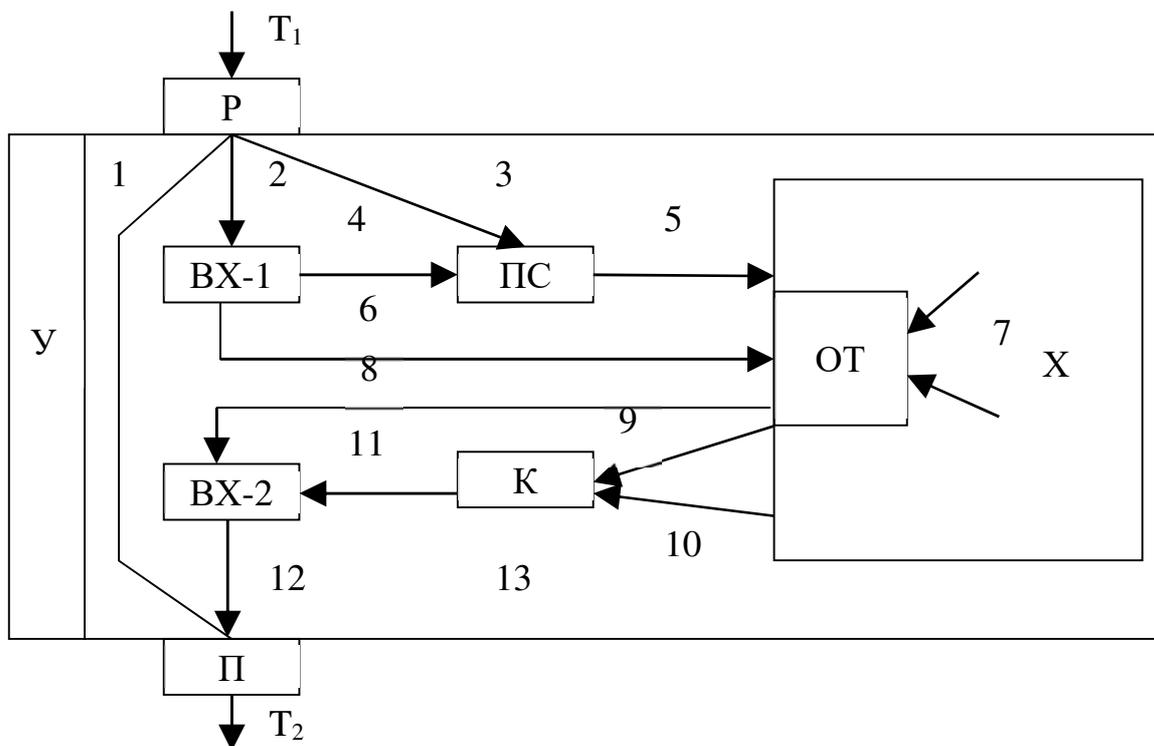


Рисунок 4.3 – Структура склада как технической системы

Источник: [27, с. 40].

Объем механизированной переработки груза отличается от величины грузопотока. Объемы годовой $Q_{гм}$ и суточный $Q_{см}$ механизированной переработки рассчитываются по формулам (4.3) и (4.4), соответственно:

$$Q_{гм} = Q_{г} \cdot K_{оп}, \quad (4.3)$$

$$Q_{см} = Q_{с} \cdot K_{оп}, \quad (4.4)$$

где $K_{оп}$ – коэффициент объема переработки груза, учитывающий изменение объема погрузочно-разгрузочных работ при частичной и полной перегрузке груза через склад (рисунок 4.4), $K_{оп} = 1-2$.

В общем случае коэффициент $K_{оп}$ определяется по формуле (4.5).

$$K_{оп} = \beta_{пр} + 2\beta_{скл}, \quad (4.5)$$

где $\beta_{пр}$ – коэффициент прямой перегрузки, учитывающий долю грузов, перегружаемых из одного вида транспорта в другой, минуя склад. Рекомендуемые для расчета значения $\beta_{пр}$ приведены в таблице 4.1.

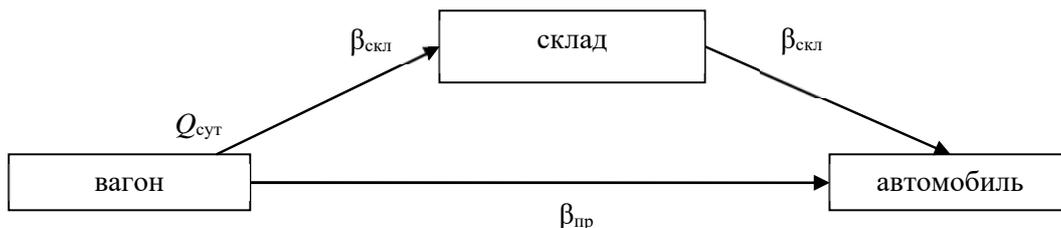


Рисунок 4.4 – Технологическая схема переработки груза

Источник: [28, с. 97].

Таблица 4.1 – Коэффициент прямой перегрузки грузов по прибытию и отправлению на грузовом дворе, $\beta_{пр}$

Род груза	$\beta_{пр}$
Тарно-штучные грузы	0,15 – 0,30
Контейнеры	0,15 – 0,40
Иные грузы	0,10 – 0,15

Источник: [28, с. 97].

В случае прямой перегрузки всего поступающего объема груза («с колес на колеса»), а также при использовании для выгрузки специализированных машин (вагоноопрокидывателей, элеваторно-ковшовых порталных разгрузчиков и др.) и бункерно-конвейерных комплексов $K_{оп} = 1$.

Необходимая площадь зоны хранения склада определяется методами удельных нагрузок или элементарных площадок.

Метод удельных нагрузок используют при ориентировочных расчетах потребной площади склада (формула (4.6):

$$F_{скл} = K_{пр} \frac{E_{скл}}{p}, \quad (4.6)$$

где $K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на складские проезды и проходы. Значения $K_{пр}$ приведены в таблице 4.2;

p – удельная нагрузка на 1 м^2 полезной площади склада, $\text{кг}/\text{м}^2$, определяемая по формуле

$$p = h \cdot \gamma \cdot g, \quad (4.7)$$

где h – допустимая высота укладки груза в штабеля, м. Ориентировочные значения допустимой удельной нагрузки на 1 м^2 полезной площади склада и высоты укладки грузов при использовании различных погрузочно-разгрузочных машин приведены в таблицах 4.2 и 4.3;

γ – средняя или насыпная плотность соответственно штучных или насыпных грузов, $\text{т}/\text{м}^3$;

g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$.

Таблица 4.2 – Значения $K_{пр}$, p и h для мест не общего пользования

Род груза	Способ хранения груза	p , кг/м ²	$K_{пр}$	h , м, при использовании		
				кранов	штабелеров	напольных ПРМ
Лес круглый и пиломатериалы	Штабель	2,0–4,0	1,45	6	–	–
Уголь, кокс	Штабель	26,0	1,0	3,5	–	–
Тарно-штучные грузы	Стеллаж	3–56	1,25–1,6	–	10	4,5
Тарно-штучные грузы	Штабель	3–56	1,25–1,6	–	6	4,5
Навалочные инертные строительные материалы	Штабель	до 60	1,3–1,6	14	–	–
Сталь круглая, квадратная, полосовая, шестигранная	Стеллажи: стоечные	18–33,5	1,25–1,6	4	–	–
	консольный	12–20	1,25–1,6	–	6	4,5
	в скобах	24–41	1,25–1,6	–	4	–
Сталь листовая в пачках под навесом	Стеллаж	12–25	1,25–1,6	–	4	–
	Штабель	40–60	1,25–1,6	3,5	–	3
Сталь швеллерная и двутавровая без упаковки	Штабель	14–60	1,25–1,6	3–4,5	–	4,5
Трубы чугунные и стальные	Стеллаж	4–14	1,35	4–6	4–6	4–4,5
	Штабель	4–16	1,35	4–6	4–6	4–4,5
Чугун в чушках	Штабель	до 100	1,25–1,6	–	3	3
Бумага в рулонах	Штабель	2–6,5	1,3–1,5	–	12	4,5
Цемент, алебастр, гипс в мешках	Штабель на поддонах	8–10	1,45–1,55	–	4	3
Цемент насыпью	Штабель	20–25	1,5	2	–	2
Кирпич на поддонах или в конвейерах	Штабель	10–18,5	1,45–1,55	–	4,5	3
Станки, оборудование, металлоконструкции, неразъемные изделия машиностроения	Штабель	1–10	1,25–1,5	на высоту изделия	–	–
Минеральные удобрения	Штабель	15–20	1,5	6	–	2,5
Сахарная свекла	Штабель	15–25	1,5	3–6,5	–	–
Зерно	Закром	15–40	1,5	7	–	–

Источник: [28, с. 98].

Таблица 4.3 – Значения $K_{пр}$ и p для мест общего пользования

Род груза	$K_{пр}$	p , кг/м ²
Тарно-штучные грузы:		
- при повагонных отправлениях	1,3–1,7	8,5
- при мелких отправлениях	1,7–2,0	6,5
Контейнеры	1,9	6
Лесоматериалы, тяжеловесные грузы	1,3–1,6	9
Навалочные грузы (уголь, нерудные материалы)	1,3–1,5	11

Источник: [28, с. 98].

Метод элементарных площадок позволяет более точно рассчитывать необходимую площадь склада при штабельном или стеллажном хранении грузов. При этом вся площадь склада разбивается на многократно повторяющиеся элементарные площадки, занимаемые одним штабелем или стеллажом с учетом необходимых проходов и проездов. Площадь элементарной площадки ΔF , м², определяется по формуле (4.8).

$$\Delta F = (L_{шт} + a_{шт})(B_{шт} + b_{шт}), \quad (4.8)$$

где $L_{шт}$ и $B_{шт}$ – длина и ширина штабеля, м, соответственно;

$a_{шт}$ и $b_{шт}$ – ширина продольного и поперечного проходов (проездов), м (1 м для пешеходного движения, 4 м для погрузчиков, не менее 1 м между краем и подвижным составом, поперечные зазоры между грузами не менее 0,2 м).

Число таких элементарных площадок $Z_{пл}$, шт, зависит от общей вместимости склада и определяется по формуле (4.9):

$$Z_{пл} = \frac{E_{скл}}{\Delta F \cdot p}. \quad (4.9)$$

Общая площадь зоны хранения склада

$$F_{скл} = Z_{пл} \Delta F. \quad (4.10)$$

Площадь, занятая служебными, подсобными и бытовыми помещениями склада, $F_{сл}$ принимается по нормам в зависимости от числа работающих в максимальную смену: при 3–5 чел. – по 4 м²/чел., при штате более 5 чел. – 3,25 м²/чел.

После определения размеров функциональных зон разрабатывают схему внутренней планировки склада, придерживаясь следующих рекомендаций: обеспечение поточности маршрутов движения грузов на складе, выполнение санитарных и противопожарных требований, разделение участков выгрузки прибывших на склад и погрузки отправляемых грузов, создание условий для безопасности работы обслуживающего персонала машин и механизмов.

Взаимное расположение зон определяет ширину и длину склада. Ширина и длина прямоугольного здания закрытого склада назначаются кратными 3...6 м в соотношении 1:4. При этом длина склада должна быть не менее длины фронта, рассчитанного на максимальное количество транспортных средств (вагонов, автомобилей), прибывающих одновременно к складу.

Пример. В закрытом складе с годовым грузооборотом 27000 т на потолочных стеллажах на стандартных поддонах размером 800×1200 мм хранятся металлические изделия в ящиках весом 50 кг и размером в плане 40×60 см, высотой 40 см. Перемещение грузов внутри склада осуществляют вилочные погрузчики грузоподъемностью 1 т на высоте до 5 м.

Требуется определить: параметры грузовой единицы, количество стеллажей, площадь функциональных элементов склада, общую площадь, составить схему планировки склада и назначить его габаритные размеры.

Решение:

1. Параметры грузовой единицы. При оптимальном размещении на стандартном поддоне с учетом грузоподъемности погрузчика уместится 5 слоев ящиков: $4 + 3 + 4 + 3 + 4 = 18$ ящиков общим весом грузовой единицы вместе с поддоном 920 кг и общей высотой $40 \times 5 + 20 = 220$ (см).

2. Потребное количество стеллажей для хранения максимального запаса материалов определим при условии размещения груженых поддонов в двухсекционном и трехъярусном по высоте стеллаже. Размер стеллажа в плане составит с учетом конструктивных элементов $1 \times 5 = 5$ (м²) с количеством поддонов в нем 12 ед., общий вес груза в стеллаже составит $12 \times 0,9 = 10,8$ (т). При допустимой по условиям нагрузке на пол склада $\sigma = 3$ т/м² фактическая нагрузка составит с учетом конструкций $\frac{11,5}{5} = 2,2$ (т/м²). Максимальный запас на складе при средней продолжительности хранения материалов 5 сут., количестве рабочих дней в году 340, и коэффициенте неравномерности поступления $K_n = 1,1$ составит $q_{зан}^{max} = \frac{27000 \cdot 1,1 \cdot 5}{340} = 437$ (т), а количество стеллажей при массе груза в стеллаже 10,8 т равно $P_{ст} = \frac{437}{10,8} = 40$ ед.

3. Площадь элементов склада.

Полезная площадь склада равна $F_{пол} = 40 \times 5 = 200$ (м²). Площадь приемочной и отправочной экспедиций равна $F_{п} = \frac{27000 \cdot 1,1 \cdot 1}{365 \cdot 1,25} = 71$ (м²) (при $\sigma_1 = 1,25$ т/м²). Принимаем 70 м².

$$F_o = \frac{27000 \cdot 1,1 \cdot 1}{340 \cdot 1,25} = 69 \text{ м}^2 \text{ (при } t = 1 \text{ сут.)}. \text{ Принимаем } 70.$$

При максимальном числе работающих на складе в смену 5 чел. служебная площадь составит $F_{сл} = 4 \times 5 = 20 \text{ (м}^2\text{)}$.

Ширина главного проезда на складе при ширине погрузчика 1,25 м будет равна $S = 1,25 \times 2 + 3 \times 0,2 = 3,10 \text{ (м)}$. При работе на складе одного погрузчика $S = 1,25 + 2 \times 0,2 = 1,65 \text{ (м)}$. Вспомогательная площадь определяется после разработки схемы внутренней планировки склада.

4. При одном из многих возможных вариантов внутренней планировки склада габаритные размеры здания склада составят $18 \text{ м} \times 60 \text{ м} = 1080 \text{ м}^2$. При разработке схемы внутренней планировки стеллажи сблокированы по два в блоке. Разрыв между блоками принят 3 м. Расстояние от торца блока до стены – технологические проходы и противопожарные разрывы – принято 2 м. Доставка грузов на склад осуществляется по железной дороге, а отгрузка – автотранспортом. В связи с этим вдоль боковых сторон здания предусматриваются рампы для разгрузки железнодорожных вагонов и загрузки автомобилей.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику места складского хозяйства в логистической системе.
2. Как и какие параметры грузопотоков меняются в результате переработки грузов на складе?
3. Каким образом классифицируются склады по отношению к базисным областям логистики?
4. Перечислите основные элементы склада как технической системы.
5. В каком случае для расчета необходимой площади зоны хранения склада используется метод удельных нагрузок?
6. Каким образом рассчитывается площадь служебных, подсобных и бытовых помещений склада?

ГЛАВА 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

5.1 Сущность и задачи транспортной логистики

Значительная часть логистических операций на пути движения материального потока от первичного источника сырья до конечного потребления осуществляется с применением различных транспортных средств. Затраты на выполнение этих операций составляют до 50% от суммы общих затрат на логистику. Теория транспортных процессов и систем базируется на положениях общей теории систем – научном направлении, связанном с разработкой методологических, научных и прикладных проблем анализа и синтеза систем на транспорте. Наиболее важной чертой данной теории является её междисциплинарный характер, когда каждый её элемент имеет свое значение, определяющее дедуктивный характер, и включает элементы из других теорий. В ней объединены математические понятия и методы, которые используются для изучения широкого круга явлений и процессов на транспорте [29, с. 9].

Транспортная логистика определяется как сфера деятельности, охватывающая три области: 1) процесс планирования, организации и осуществления рациональной доставки (перевозки) грузов (товаров) от мест их производства до мест потребления; 2) контроль над всеми транспортными и другими операциями, возникающими в пути следования грузов, с использованием современных средств телекоммуникации, информатики и других информационных технологий; 3) предоставление соответствующей информации грузовладельцам. Транспортная логистика охватывает два аспекта: производственную сферу экономики, основанную на четком взаимодействии спроса, производства, транспорта и распределения продукции с учетом конъюнктуры рынка; научное направление, целью которого является разработка методов управления материальными и информационными потоками для удовлетворения спроса в процессе доставки продукции от производителя до потребителя (принцип доставки «от двери до двери»). Основным принципом транспортной логистики заключается в минимизации денежных затрат, ресурсов и запасов сырья, топлива и готовой продукции у потребителя в тесной увязке с процессом транспортировки [29, с. 267].

Транспорт представляют как систему, состоящую из двух подсистем: транспорт общего и необщего пользования. Транспорт общего пользования – отрасль народного хозяйства, которая удовлетворяет потребности всех отраслей народного хозяйства и населения в перевозках грузов и пассажиров. Транспорт общего пользования обслуживает сферу обращения и население,

его часто называют «магистральным» (магистраль – основная, главная линия в какой-нибудь системе, в данном случае – в системе путей сообщения). Понятие транспорта общего пользования охватывает железнодорожный, водный (морской и речной), автомобильный, воздушный транспорт и транспорт трубопроводный. Транспорт необщего пользования – внутрипроизводственный транспорт, а также транспортные средства всех видов, принадлежащие нетранспортным предприятиям; является, как правило, составной частью каких-либо производственных систем.

Элементы системы грузовых перевозок согласно Общей теории систем – это составные части системы, неделимые на данном уровне анализа. В качестве элементов этой системы могут быть рассмотрены транспортные коммуникации, объекты и сооружения, подвижной состав транспорта, склады в пунктах отправления и прибытия грузопотока и промежуточные – в пунктах перевалки грузов с одних видов транспорта на другие и т.д. Структура системы перевозок грузов – это многочисленные взаимосвязи между элементами системы (пространственные, инженерно-технические, технологические, организационные, хозяйственные, административные, финансово-экономические, связи зависимости, юридические и т.д.). Функционирование системы грузовых перевозок (т.е. ее работа, действие), направленное на достижение поставленной цели, зависит от того, насколько обоснованно и правильно выбраны и спроектированы элементы и структура этой системы.

К задачам транспортной логистики в первую очередь относят задачи, решение которых усиливает согласованность действий непосредственных участников транспортного процесса. Логистика, как отмечалось, это единые техника, технология, экономика и планирование. Соответственно, к задачам транспортной логистики следует отнести обеспечение технической и технологической сопряженности участников транспортного процесса, согласование их экономических интересов, а также использование единых систем планирования. Техническая сопряженность в транспортном комплексе означает согласованность параметров транспортных средств как внутри отдельных видов, так и в межвидовом разрезе. Эта согласованность позволяет применять модальные перевозки, работать с контейнерами и грузовыми пакетами. Технологическая сопряженность подразумевает применение единой технологии транспортировки, прямые перегрузки, бесперегрузочное сообщение. Экономическая сопряженность – это общая методология исследования конъюнктуры рынка и построения тарифной системы. Совместное планирование означает разработку и применение единых планов графиков.

В задачи транспортной логистики также входит: создание транспортных систем, в том числе создание транспортных коридоров и транспортных цепей;

обеспечение технологического единства транспортно-складского процесса; совместное планирование транспортного процесса со складским и производственным; выбор вида транспортного средства; выбор типа транспортного средства; определение рациональных маршрутов доставки и др.

5.2 Выбор вида транспорта

Задача выбора вида транспорта решается во взаимной связи с другими задачами логистики, такими, как создание и поддержание оптимального уровня запасов, выбор вида упаковки и др. Основой выбора вида транспорта, оптимального для конкретной перевозки, служит информация о характерных особенностях различных видов транспорта. Рассмотрим основные преимущества и недостатки автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного транспорта, существенные с точки зрения логистики.

Автомобильный транспорт. Традиционно используется для перевозок на короткие расстояния. Одно из основных преимуществ – высокая маневренность. С помощью автомобильного транспорта груз может доставляться «от дверей до дверей» с необходимой степенью срочности. Этот вид транспорта обеспечивает регулярность поставки, а также возможность поставки малыми партиями. Здесь, по сравнению с другими видами, предъявляются менее жесткие требования к упаковке товара.

Основным недостатком автомобильного транспорта является сравнительно высокая себестоимость перевозок, плата за которые обычно взимается по максимальной грузоподъемности автомобиля. К другим недостаткам этого вида транспорта относят также срочность разгрузки, возможность хищения груза и угона автотранспорта, сравнительно малую грузоподъемность. Автомобильный транспорт экологически неблагоприятен, что также сдерживает его применение.

Железнодорожный транспорт. Этот вид транспорта хорошо приспособлен для перевозки различных партий грузов при любых погодных условиях. Железнодорожный транспорт обеспечивает возможность сравнительно быстрой доставки груза на большие расстояния. Перевозки регулярны. Здесь можно эффективно организовать выполнение погрузочно-разгрузочных работ. Существенным преимуществом железнодорожного транспорта является сравнительно невысокая себестоимость перевозки грузов, а также наличие скидок.

К недостаткам железнодорожного транспорта следует отнести ограниченное количество перевозчиков, а также низкую возможность доставки к пунктам потребления, т.е. при отсутствии подъездных путей железнодорожный транспорт должен дополняться автомобильным.

Морской транспорт. Является самым крупным перевозчиком в международных перевозках. Его основные преимущества – низкие грузовые тарифы и высокая провозная способность. К недостаткам морского транспорта относят его низкую скорость, жесткие требования к упаковке и креплению грузов, малую частоту отправок. Морской транспорт существенно зависит от погодных и навигационных условий и требует создания сложной портовой инфраструктуры.

Внутренний водный транспорт. Здесь низкие грузовые тарифы. При перевозках грузов весом более 100 т на расстояние более 250 км этот вид транспорта – самый дешевый. К недостаткам внутреннего водного транспорта, кроме малой скорости доставки, относят также низкую доступность в географическом плане. Это обусловлено ограничениями, которые накладывает конфигурация водных путей, неравномерность глубин и меняющиеся навигационные условия.

Воздушный транспорт. Основные преимущества – наивысшая скорость, возможность достижения отдаленных районов, высокая сохранность грузов. К недостаткам относят высокие грузовые тарифы и зависимость от метеоусловий, которая снижает надежность соблюдения графика поставки.

Трубопроводный транспорт. Обеспечивает низкую себестоимость при высокой пропускной способности. Степень сохранности грузов на этом виде транспорта высока. Недостатком трубопроводного транспорта является узкая номенклатура подлежащих транспортировке грузов (жидкости, газы, эмульсии).

Выделяют шесть основных факторов, влияющих на выбор вида транспорта. В таблице 5.1 дается оценка различных видов транспорта общего пользования по каждому из этих факторов. Единице соответствует наилучшее значение. Экспертная оценка значимости различных факторов показывает, что при выборе транспорта, в первую очередь принимают во внимание надежность соблюдения графика доставки, время доставки и стоимость перевозки. Следует отметить, что данные таблицы 5.1 могут служить лишь для приблизительной оценки степени того или иного вида транспорта условиям конкретной перевозки. Правильность сделанного выбора должна быть подтверждена технико-экономическими расчетами, основанными на анализе всех расходов, связанных с транспортировкой различными видами транспорта.

Принимать решение о выборе вида транспорта можно на основе анализа общих логистических затрат:

Общие логистические затраты = Затраты на транспортировку + Затраты на содержание запасов в пути + Затраты, связанные с оформлением и исполнением заказа + Затраты на содержание запасов на предприятии (текущего и страхового).

Таблица 5.1 – Оценка различных видов транспорта
в разрезе основных факторов, влияющих на выбор вида транспорта

Вид транспорта	Факторы, влияющие на выбор вида транспорта					
	время доставки	частота отправлений	надежность соблюдения графика доставки	способность перевозить разные грузы	способность доставить груз в любую точку территории	стоимость перевозки
Железнодорожный	3	4	3	2	2	3
Водный	4	5	4	1	4	1
Автомобильный	2	2	2	3	1	4
Трубопроводный	5	1	1	5	5	2
Воздушный	1	3	5	4	3	5

$$C_{\text{общ}} = s_x Q + m t_x C Q + K(Q/S) + m C(S/2) + m d_x C Q,$$

где $C_{\text{общ}}$ – общие логистические затраты;
 s_x – тарифная ставка на перевозку груза;
 Q – годовой спрос на данный товар;
 m – доля издержек на хранение в стоимости среднего запаса;
 t_x – время доставки товаров (как доля от 365 дней);
 C – цена единицы изделия;
 S – размер одной партии;
 K – расходы, связанные с оформлением и исполнением одного заказа;
 d_x – длительность страхового запаса (как доля от 365 дней).

Пример. Примите решение о выборе одного из двух видов транспорта для доставки товара (автомобильный или железнодорожный) исходя из результатов анализа общих логистических затрат. Дана следующая информация:
 годовой спрос на товар – 2 000 т;
 цена единицы изделия – 5 руб. за 1 кг;
 доля издержек на хранение в стоимости среднего запаса – 30%;
 расходы, связанные с оформлением и исполнением одного заказа на автомобильном транспорте – 100 руб.;
 расходы, связанные с оформлением и исполнением одного заказа на железнодорожном транспорте – 200 руб. (включая стоимость погрузки и разгрузки);
 тарифная ставка на перевозку груза на автомобильном транспорте – 5,5 руб. за 100 кг;

тарифная ставка на перевозку груза на железнодорожном транспорте – 2 руб. за 100 кг;

размер одной партии на автомобильном транспорте – 24 000 кг;

размер одной партии на железнодорожном транспорте – 40 000 кг;

время доставки товаров на автомобильном транспорте – 5 дней (5/365);

время доставки товаров на железнодорожном транспорте – 12 дней (12/365);

длительность страхового запаса при доставке автомобильным транспортом – 3 дня (3/365);

длительность страхового запаса при доставке железнодорожным транспортом – 6 дней (6/365).

Решение представлено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты анализа общих логистических затрат

Виды затрат	Сумма затрат, руб.	
	железнодорожный транспорт	автомобильный транспорт
на транспортировку	$(2\,000\,000 \cdot 2) / 100 = 40\,000$	$(2\,000\,000 \cdot 5,5) / 100 = 110\,000$
на содержание запасов в пути	$0,3 \cdot (12/365) \cdot 5 \cdot 2\,000\,000 = 98\,630$	$0,3 \cdot (5/365) \cdot 5 \cdot 2\,000\,000 = 41\,096$
связанные с оформлением и исполнением заказа	$200 \cdot (2\,000\,000 / 40\,000) = 10\,000$	$200 \cdot (2\,000\,000 / 40\,000) = 16\,667$
на содержание текущего запаса на предприятии	$0,3 \cdot 5 \cdot (40\,000 / 2) = 36\,000$	$0,3 \cdot 5 \cdot (24\,000 / 2) = 18\,000$
на содержание страхового запаса на предприятии	$0,3 \cdot (6/365) \cdot 5 \cdot 2\,000\,000 = 49\,315$	$0,3 \cdot (3/365) \cdot 5 \cdot 2\,000\,000 = 24\,658$
Общие затраты	233 945	210 421

Таким образом, исходя из результатов анализа общих затрат, необходимо выбрать вариант доставки товара автомобильным транспортом.

5.3 Составление маршрутов движения транспорта

Маршрут движения – это путь следования подвижного состава при выполнении перевозок от начального пункта до конечного.

Маршруты движения классифицируют на маятниковые и кольцевые.

Маятниковым называется такой маршрут, при котором путь следования подвижного состава в прямом и обратном направлениях проходит по одной и той же трассе. Различают маятниковые маршруты:

– с обратным порожним пробегом, на котором один погрузочный и один разгрузочный пункт;

– с полным использованием пробега, на каждом грузовом пункте которого подвижной состав после разгрузки перемещается под погрузку другим грузом;

– с неполным использованием пробега, на котором имеется по одному пункту погрузки и разгрузки и один совмещенный пункт, осуществляющий погрузку и разгрузку.

У маятникового маршрута с полным использованием пробега прямым называется направление, по которому следует больший грузопоток, обратным – меньший грузопоток. Маршрут с обратным порожним пробегом носит название *простого маятникового маршрута*. Коэффициент использования пробега на нем равен 0,5.

Кольцевым маршрутом называется путь следования подвижного состава по замкнутому контуру, соединяющему несколько пунктов погрузки-разгрузки. Разновидностью кольцевых маршрутов являются развозочный, сборный и сборно-развозочный.

Развозочным называется маршрут, на котором загруженный подвижной состав развозит груз по нескольким пунктам назначения и постепенно разгружается.

Сборным называется маршрут, на котором подвижной состав последовательно проходит несколько погрузочных пунктов, постепенно загружается и завозит груз в один пункт выгрузки.

Сборно-развозочным называется кольцевой маршрут, на котором одновременно развозится один груз и собирается другой (например, в магазины доставляется молочная продукция и собирается из них тара и поддоны, в которых эта продукция была доставлена накануне).

При составлении маршрутов определяются:

– пути следования автомобиля с грузом и без груза при выполнении сменного задания;

– последовательность объезда пунктов на маршруте;

– конкретизируется время прибытия в каждый из пунктов маршрута;

– при необходимости определяется время отдыха и обеденного перерыва.

Предъявляются жесткие требования не только к срокам, за которые должны быть разработаны маршруты, но и к результатам маршрутизации, так как качество составления маршрутов оказывает определяющее влияние на эффективность доставки. Маятниковым маршрутам с обратным груженным пробегом следует отдавать предпочтение, так как они обеспечивают более высокое значение коэффициента использования пробега, а организовать их проще, чем кольцевые. Проще осуществляется на маятниковых маршрутах и диспетчерское руководство. При невозможности организовать

маятниковые рациональные маршруты производится планирование кольцевых рациональных маршрутов. При их организации важно выбрать начальный и конечный пункты маршрутов таким образом, чтобы обеспечить минимальные нулевые пробеги.

Для составления рациональных маршрутов рекомендуется применять математические методы оптимизации и электронно-вычислительную технику. Составление маршрутов движения транспорта требует согласования пространственно-временных и экономических аспектов. В процессе принятия решений необходимо учитывать:

- характеристики транспортной системы: размещение объектов; производственный и распределительный потенциал; размер спроса; пропускную способность дорог и узлов (соответствующих источникам пополнения, транзитным пунктам и пунктам потребления);

- количественную, стоимостную и качественную характеристику перевозимых грузов;

- спецификацию располагаемых транспортных средств;

- имеющиеся ограничения;

- цели проектирования транспортной сети.

К типичным ограничениям принимаемого решения относятся следующие: ограниченные денежные средства; ограниченное время; ограниченная вместимость; ограниченная мощность; ограничения, накладываемые физико-химическими свойствами перемещаемых грузов. К типичным целям составления маршрутов в транспортной сети можно отнести минимизацию издержек, максимизацию эффективности, прибыли, минимизацию времени, расстояния (эта цель влияет на минимизацию издержек).

Перемещение грузов, по крайней мере между двумя объектами, можно представить в виде сетевой модели. Сеть можно представить с помощью графа или в виде матрицы. На рисунке 5.1. представлен граф и соответствующие ему понятия, благодаря которым можно интерпретировать данную форму представления потока. Граф содержит дуги, которые могут быть как со стрелками (направленный), так и без стрелок. Граф, представленный на рисунке 5.1, является направленным, так как стрелки показывают направление потока грузов. Число дуг, представляющих потенциальные или фактические трассы, как выходящих из узла, так и входящих в узел, характеризует уровень узла. Узел номер 1 на рисунке 5.1 является узлом 2 уровня, а узел номер 3 – узлом 3 уровня. Также можно утверждать, что граф на рисунке 5.1 не является полным, так как не все его вершины соединены между собой – отсутствует связь между узлами 3 и 5; 1 и 4; 4 и 2; 1 и 2.

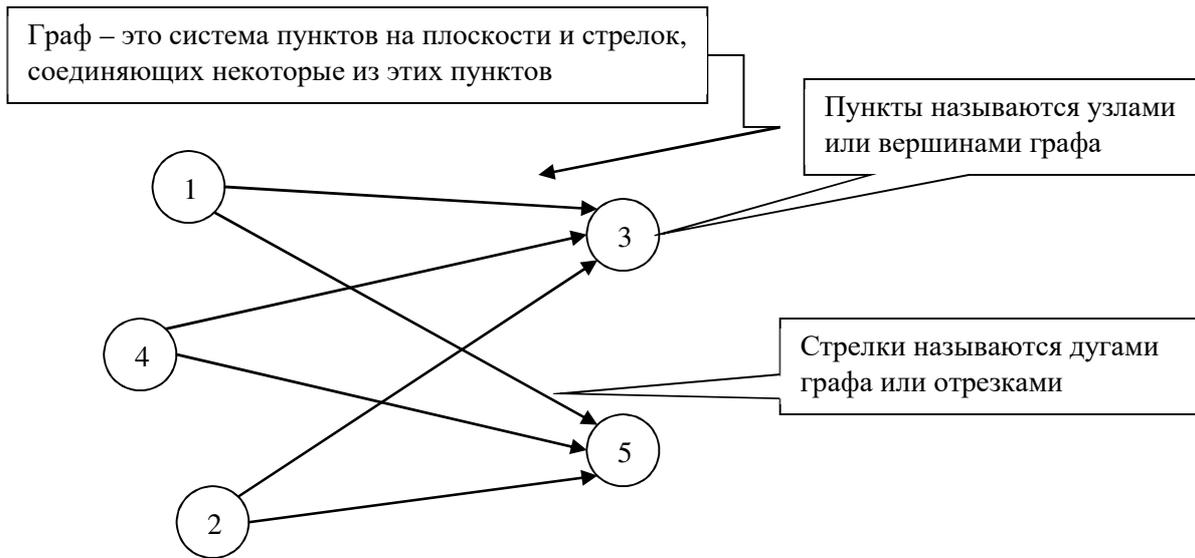


Рисунок 5.1 – Граф и его компоненты

Под *трассой* понимается линия, по которой можно добраться от одной вершины к другой. Она может состоять из ряда следующих друг за другом дуг. Трасса, на которой ни один узел не встречается более одного раза, называется *дорогой*, а трасса, по которой можно вернуться к стартовому узлу, называется *циклом*. Граф также можно представить в виде матрицы. В таблице 5.3 представлена матрица, соответствующая графу, изображенному на рисунке 5.1.

Таблица 5.3 – Матричная форма представления материального потока между отдельными поставщиками и потребителями

Поставщики	Потребители		Предложение
	X ₃	X ₅	
X ₁	30	40	70
X ₄	20	10	30
X ₂	20	30	50
Спрос	70	80	

Далее, если дугам или узлам графа придать определенные характеристики (например, пропускная способность, издержки и т.д.) в соответствующих единицах измерения, то получим модель сети (рисунок 5.2).

Система распределения обычно включает несколько исходных пунктов и пунктов потребления. Иногда также встречаются транзитные пункты, которые влияют на форму и содержание проходящих через них грузопотоков, хотя преобразование грузов осуществляется в них не всегда. Исходный пункт – это пункт, в котором производятся (добываются) ресурсы и / или с которого начинается грузопоток. Пункт потребления – это место назначения грузопотока или пункт, в котором осуществляется потребление ресурсов. Основная проблема формирования системы распределения заключается в определении объ-

ема грузов, которые необходимо переместить из исходного пункта в пункт потребления, чтобы получить максимальную окупаемость и использование ресурсов с учетом существующих условий и ограничений.

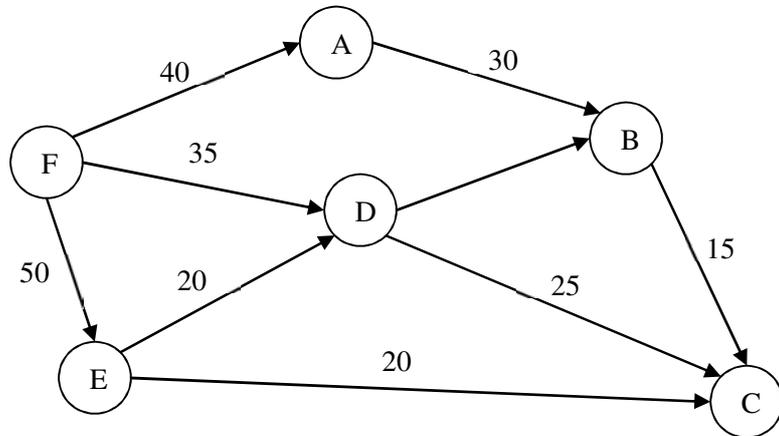


Рисунок 5.2 – Графическая модель сети

Соединение всех пунктов потребления с исходными пунктами при помощи абстрактных звеньев отображает все связи сети. Такая абстрактная сеть описывает возможные пути перемещения грузов из исходных пунктов в пункты потребления.

Пример. В транспортной сети, модель которой представлена на рисунке 5.3, из узлов A и B, представляющих исходные пункты, необходимо доставить грузы в пункты H, I, F, представляющие пункты потребления с минимальными издержками. В таблице 5.4 представлены издержки на единицу груза на отдельных отрезках сети.

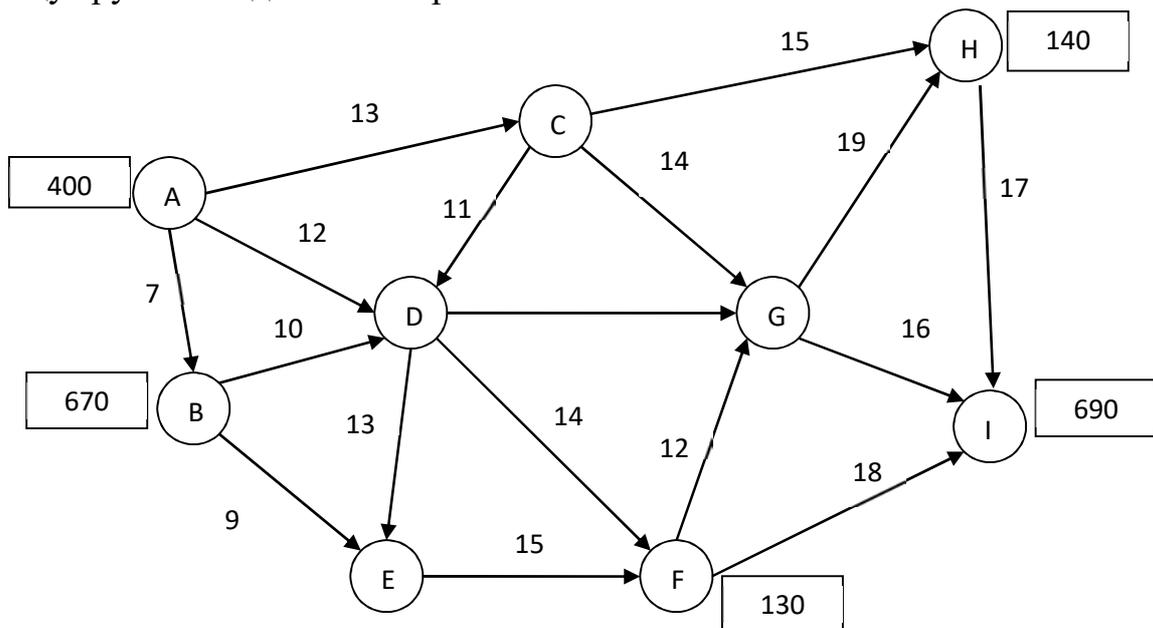


Рисунок 5.3 – Модель транспортной сети

Таблица 5.4 – Издержки на единицу груза c_{ij}

Исходные пункты	Пункты потребления								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	-	7	13	12	-	-	-	-	-
B	-	-	-	10	9	-	-	-	-
C	-	-	-	11	-	-	14	15	-
D	-	-	-	-	13	14	13	-	-
E	-	-	-	-	-	15	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-	12	-	18
G	-	-	-	-	-	-	-	19	16
H	-	-	-	-	-	-	-	-	17
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Анализ проблемы. Необходимо принять следующие ограничения:

а) размер спроса должен быть меньше размера предложения, или

$$A(+)+B(+)>F(-/+)+I(-)+H(-/+);$$

б) в сети существует 5 типов узлов:

– Узел А является только источником и не может обеспечиваться из какого-либо другого узла. Для него будет верным следующее ограничение

$$w_{AC} + w_{AD} + w_{AB} \leq 400,$$

где w_{AC} – объем груза, перемещаемого из пункта А в пункт С.

– Узел I является только пунктом потребления. Для него будет верным ограничение

$$w_{FI} + w_{GI} + w_{HI} = 690.$$

– Узел В является одновременно источником и транзитным пунктом:

$$w_{BD} + w_{BE} - w_{AB} \leq 670.$$

– Узлы F и H являются одновременно пунктами потребления и транзитными пунктами:

$$w_{EF} + w_{DF} - w_{FG} - w_{FI} = 130 \text{ для F};$$

$$w_{CH} + w_{GH} - w_{HI} = 140 \text{ для H}.$$

– Узлы С, D, E, G являются транзитными узлами:

$$w_{AC} - w_{CD} - w_{CH} - w_{CG} = 0 \text{ для C};$$

$$w_{AD} + w_{BD} + w_{CD} - w_{DE} - w_{DG} - w_{DF} = 0 \text{ для D};$$

$$w_{BE} + w_{DE} - w_{EF} = 0 \text{ для E};$$

$$w_{CG} + w_{DG} + w_{FG} - w_{GH} - w_{GI} = 0 \text{ для G};$$

в) объем перемещаемого груза на каждом отрезке транспортной сети должен быть больше или равен нулю: $w_{ij} \geq 0$;

г) целевая функция, выбирающая среди допустимых решений такое, которое характеризуется минимальными издержками, может быть записана следующим образом:

$$C_{\text{общ}} = \sum_{(i,j) \in S} c_{ij} w_{ij} \rightarrow \min ,$$

где S – совокупность отрезков транспортной сети;

$C_{\text{общ}}$ – общие издержки;

c_{ij} – издержки, связанные с доставкой единицы груза, относящиеся к данному отрезку;

w_{ij} – объем грузов, перевозимых на данном отрезке транспортной сети.

Решение. Необходимо подготовить описание проблемы в соответствии с ограничениями, указанными в пунктах а) – г). Исходная таблица в Microsoft Excel будет выглядеть в виде, представленном на рисунке 5.4.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Узел	Предложение	Спрос	Уравнения, соответствующие условиям ограничения	Трасса (отрезок) [i,j]	Издержки, связанные с перевозкой единицы груза, c_{ij}	Объем перемещаемого груза, w_{ij}	Издержки перемещения для отдельных отрезков
1								
2	A	400			A,B	7	0	0
3	B	670			A,C	13	0	0
4	C		0		A,D	12	0	0
5	D		0		B,D	10	0	0
6	E		0		B,E	9	0	0
7	F		130		C,D	11	0	0
8	G		0		C,G	14	0	0
9	H		140		C,H	15	0	0
10	I		690		D,E	13	0	0
11					D,F	14	0	0
12					D,G	13	0	0
13					E,F	15	0	0
14					F,G	12	0	0
15					F,I	18	0	0
16					G,H	19	0	0
17					G,I	16	0	0
18					H,I	17	0	0
19							Общие издержки	0
20							Размер потока	0

Рисунок 5.4 – Исходная таблица

В ячейку D2 вписываем формулу = G2 + G3 + G4.

В ячейку D3 вписываем формулу = G5 + G6 – G2.

В ячейку D4 вписываем формулу = G3 – G7 – G8 – G9.

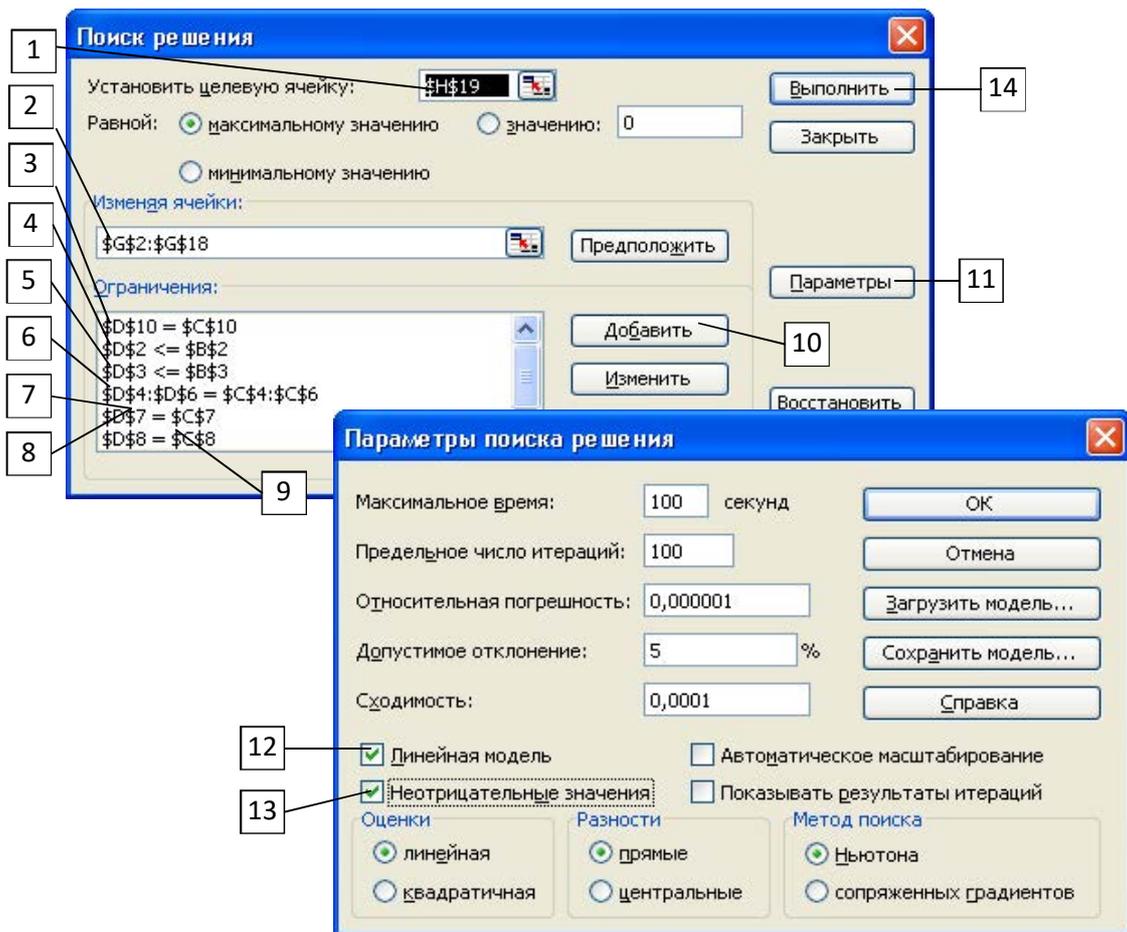
В ячейку D5 вписываем формулу = G4 + G5 – G7 – G12 – G10 – G11.

В ячейку D6 вписываем формулу = G6 + G10 – G13.

В ячейку D7 вписываем формулу = G11 + G13 – G14 – G15 – G17.

В ячейку D8 вписываем формулу = G8 + G12 + G14 – G16 – G17.

В ячейку D9 вписываем формулу = G9 + G16 – G18.
 В ячейку D10 вписываем формулу = G15 + G17 + G18.
 В ячейки H2-H18 вписываем формулу = FX*GX.
 В ячейку H19 вписываем формулу = СУММ (H1:H18).
 В ячейку H20 вписываем формулу = D2 + D3.
 Ячейки G2 – G18 будут заполнены с помощью инструмента «Поиск решения».
 Далее используем инструмент «Поиск решения» (рисунок 5.5).



1. Определение целевой ячейки, значение которой должно быть минимизировано;
2. Определение совокупности ячеек, значение которых будет меняться до нахождения минимума целевой ячейки. В данном случае – это объем перевозимых грузов;
3. Равенство $SD9 = SC9$ является условием для узла H;
4. Равенство $SD10 = SC10$ является условием для узла I;
5. Неравенство $SD2 \leq SB2$ является условием для узла A;
6. Неравенство $SD3 \leq SB3$ является условием для узла B;
7. Равенство $SD4:SD6 = SC4:SC6$ является условием для узлов C, D, E;
8. Неравенство $SD7 \leq SC7$ является условием для узла F;
9. Неравенство $SD8 \leq SC8$ является условием для узла G;
10. Условия, указанные в пунктах 3–9, добавляются с помощью опции «Добавить»;
11. Затем необходимо установить параметры поиска решения, открыв соответствующую панель;
12. На панели «Параметры поиска решения» указываем – «Линейная модель»;

13. На панели «Параметры поиска решения» также указываем – «Неотрицательные значения»;

14. Нажимаем клавишу «Выполнить» и получаем решение задачи, изложенной в примере (рисунок 5.6).

Рисунок 5.5 – Алгоритм использования инструмента «Поиск решения»

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Узел	Предложение	Спрос	Уравнения, соответствующие условиям ограничения	Трасса (отрезок) [i,j]	Издержки, связанные с перевозкой единицы груза, c_{ij}	Объем перемещаемого груза, x_{ij}	Издержки перемещения для отдельных отрезков	
2	A	400		290	A,B	7	0	0	
3	B	670		670	A,C	13	140	1820	
4	C		0	0	A,D	12	150	1800	
5	D		0	0	B,D	10	540	5400	
6	E		0	0	B,E	9	130	1170	
7	F		130	130	C,D	11	0	0	
8	G		0	0	C,G	14	0	0	
9	H		140	140	C,H	15	140	2100	
10	I		690	690	D,E	13	0	0	
11					D,F	14	0	0	
12					D,G	13	690	8970	
13					E,F	15	130	1950	
14					F,G	12	0	0	
15					F,I	18	0	0	
16					G,H	19	0	0	
17					G,I	16	690	11040	
18					H,I	17	0	0	
19							Общие издержки		34250
20							Размер потока		960

Рисунок 5.6 – Итоговая таблица решения задачи

Решение задачи в виде графика представлено на рисунке 5.7.

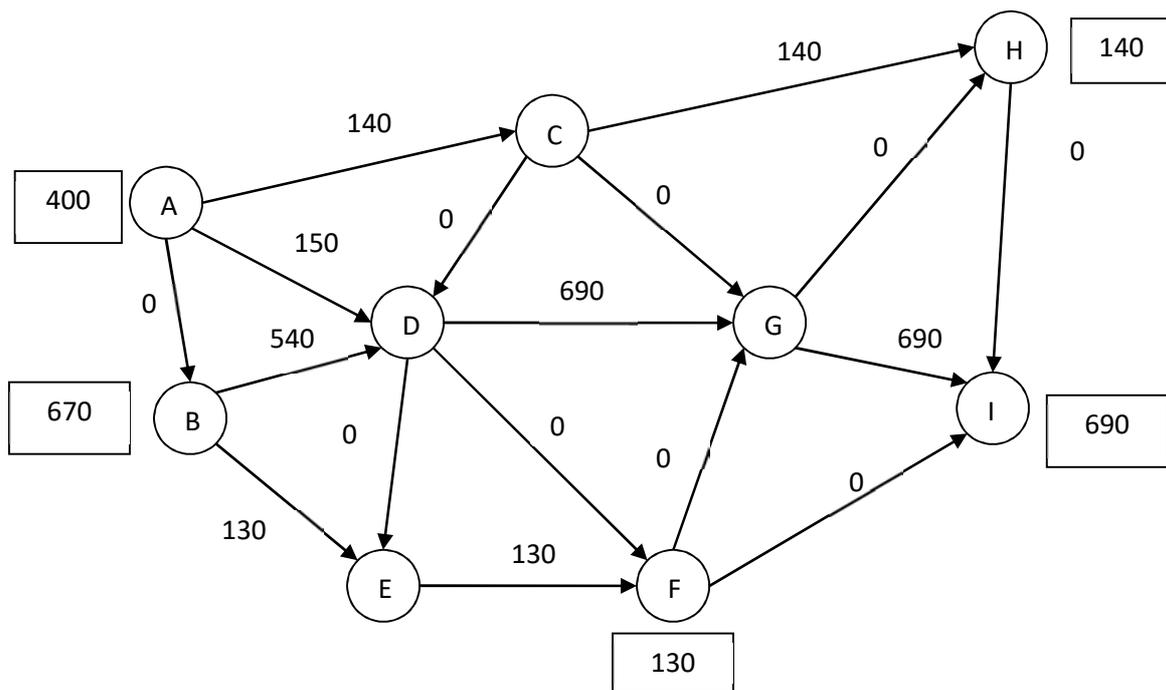


Рисунок 5.7 – Графическое представление решения задачи

В транспортной логистике часто приходится решать задачу поиска наиболее короткой дороги в транспортной сети из пункта А в пункт В. Решение данной задачи также может быть найдено с помощью инструмента «Поиск решения».

Пример. Необходимо довести груз из Рима в Москву, используя трассы, представленные на рисунке 5.8, наиболее коротким путем. Приблизительное расстояние между городами приводится в таблице 5.5.

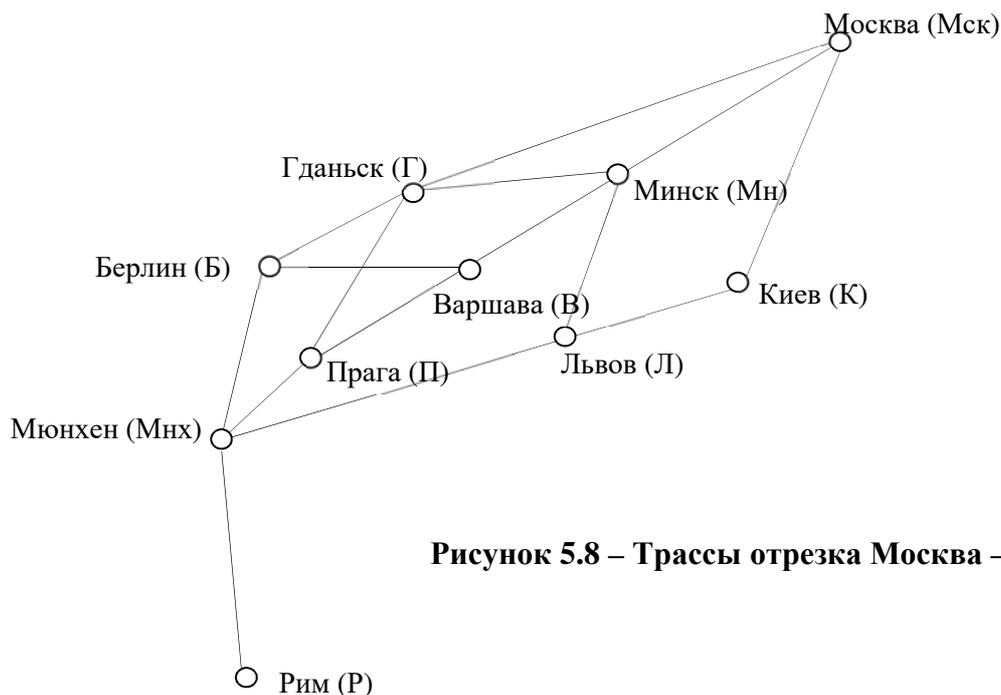


Рисунок 5.8 – Трассы отрезка Москва – Рим

Таблица 5.5 – Приблизительное расстояние отрезков трассы

Символическое обозначение названий городов	Отрезок трассы	Приблизительные расстояния, км
Р-Мнх	Рим – Мюнхен	894
Мнх-Б	Мюнхен – Берлин	600
Мнх-П	Мюнхен – Прага	376
Мнх-Л	Мюнхен – Львов	1203
Б-В	Берлин – Варшава	575
Б-Г	Берлин – Гданьск	474
П-В	Прага – Варшава	620
П-Л	Прага – Львов	822
П-Г	Прага – Гданьск	747
Г-Мск	Гданьск – Москва	1428
Г-Мн	Гданьск – Минск	678
Л-К	Львов – Киев	519
К-Мск	Киев – Москва	875
Л-Мн	Львов – Минск	523
Мн-Мск	Минск – Москва	785
В-Мн	Варшава – Минск	446

Анализ проблемы. Условно принимаем, что Рим является пунктом поставки с потенциалом 1, а Москва – пунктом потребления с потребностью 1, остальные пункты являются транзитными. Необходимо минимизировать издержки по доставке груза из Рима в Москву. Будем считать, что носителем издержек является расстояние, издержки пропорциональны расстоянию. Может быть также построена модель, где вместо расстояний будут использоваться данные о времени, требуемом для проезда отдельных отрезков дороги. Принимаем следующие ограничения:

$$\begin{aligned}
 X_{Р-Мнх} &= 1; \\
 X_{Р-Мнх} - X_{Мнх-Б} - X_{Мнх-П} - X_{Мнх-Л} &= 0; \\
 X_{Мнх-Б} - X_{Б-В} - X_{Б-Г} &= 0; \\
 X_{Мнх-П} - X_{П-Г} - X_{П-В} - X_{П-Л} &= 0; \\
 X_{Б-Г} + X_{П-Г} - X_{Г-Мск} - X_{Г-Мн} &= 0; \\
 X_{Б-В} + X_{П-В} - X_{В-Мн} &= 0; \\
 X_{Мнх-Л} + X_{П-Л} - X_{Л-Мн} - X_{Л-К} &= 0; \\
 X_{Л-Мн} + X_{В-Мн} + X_{Г-Мн} - X_{Мн-Мск} &= 0; \\
 X_{Л-Мн} + X_{В-Мн} + X_{Г-Мн} - X_{Мн-Мск} &= 0; \\
 X_{Л-К} + X_{К-Мск} &= 0; \\
 X_{К-Мск} + X_{Мн-Мск} + X_{Г-Мск} &= 1.
 \end{aligned}$$

Последовательность решения задачи с использованием инструмента «Поиск решения» представлена на рисунках 5.9 – 5.12.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Символическое обозначение названий городов	1, если отрезок выбран; 0, если отрезок не выбран	Города	Приближительные расстояния, км	Длина выбранных трасс (отрезков)	Пункт	Формулы, соответствующие условным ограничениям	Предложение	Спрос	Условные ограничения
2	Р-Мнх	0	Рим-Мюнхен	894	=B2*D2	Рим	=B2	1		$X_{Р-Мнх}=1$
3	Мнх-Б	0	Мюнхен-Берлин	600	=B3*D3	Мюнхен	=B2-B3-B4-B5			$X_{Р-Мнх} - X_{Мнх-Б} - X_{Мнх-П} - X_{Мнх-Л} = 0$
4	Мнх-П	0	Мюнхен-Прага	376	=B4*D4	Прага	=B4-B8-B9-B10			$X_{Мнх-П} - X_{П-Г} - X_{П-В} - X_{П-Л} = 0$
5	Мнх-Л	0	Мюнхен-Львов	1203	=B5*D5	Берлин	=B3-B6-B7			$X_{Мнх-Л} - X_{Б-В} - X_{Б-Г} = 0$
6	Б-В	0	Берлин-Львов	575	=B6*D6	Львов	=B5+B9-B13+B15			$X_{Мнх-Л} + X_{П-Л} - X_{Л-Мн} - X_{Л-К} = 0$
7	Б-Г	0	Берлин-Гданьск	474	=B7*D7	Гданьск	=B7+B10-B11-B12			$X_{Б-Г} + X_{П-Г} - X_{Г-Мск} - X_{Г-Мн} = 0$
8	П-В	0	Прага-Варшава	620	=B8*D8	Варшава	=B6+B8-B17			$X_{Б-В} + X_{П-В} - X_{В-Мн} = 0$
9	П-Л	0	Прага-Львов	822	=B9*D9	Минск	=B12+B15+B17-B16			$X_{Л-Мн} + X_{В-Мн} + X_{Г-Мн} - X_{Мн-Мск} = 0$
10	П-Г	0	Прага-Гданьск	747	=B10*D10	Киев	=B13-B14			$X_{Л-К} + X_{К-Мск} = 0$
11	Г-Мск	0	Гданьск-Москва	1428	=B11*D11	Москва	=B16+B14+B11	1		$X_{К-Мск} + X_{Мн-Мск} + X_{Г-Мск} = 1$
12	Г-Мн	0	Гданьск-Минск	678	=B12*D12					
13	Л-К	0	Львов-Киев	519	=B13*D13					
14	К-Мск	0	Киев-Москва	875	=B14*D14					
15	Л-Мн	0	Львов-Минск	523	=B15*D15					
16	Мн-Мск	0	Минск-Москва	785	=B16*D16					
17	В-Мн	0	Варшава-Минск	446	=B17*D17					
18	Протяженность наиболее короткой дороги Рим-Москва				=СУММ(E2:E17)					

Рисунок 5.9 – Исходная таблица для решения задачи

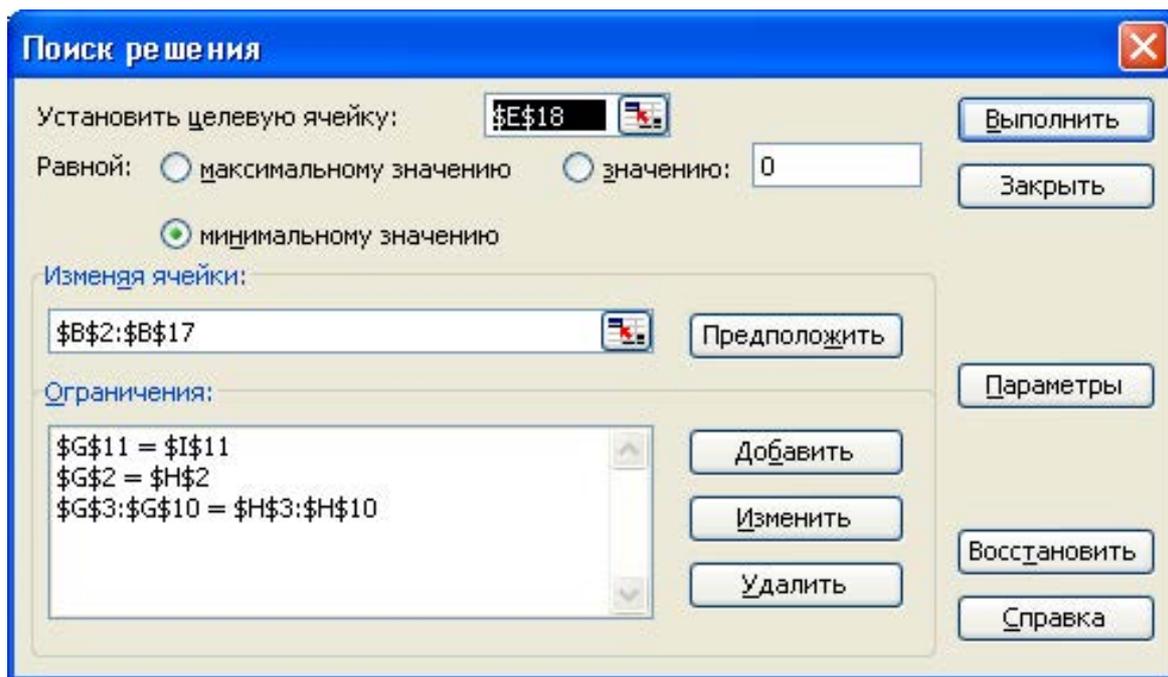


Рисунок 5.10 – Ограничения и условия поиска решения задачи

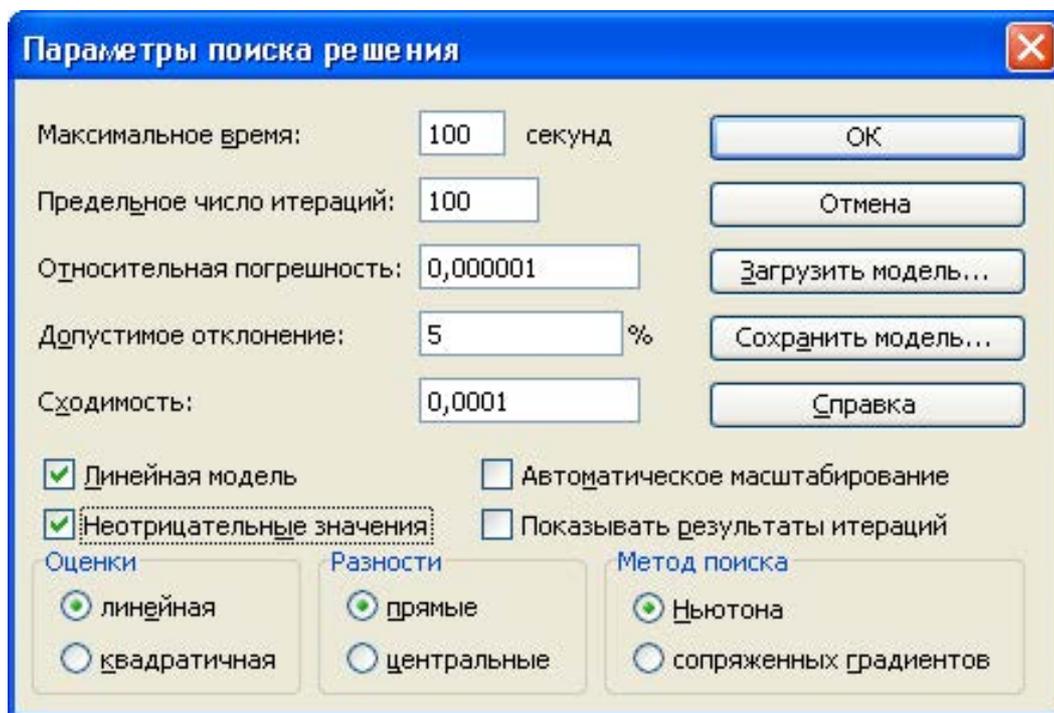


Рисунок 5.11 – Параметры поиска решения задачи

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Символическое обозначение названий городов	1, если отрезок выбран; 0, если отрезок не выбран	Города	Приблизительные расстояния, км	Длина выбранных трасс (отрезков)	Пункт	Формулы, соответствующие условиям ограничениям	Предложение	Спрос	Условные ограничения
2	Р-Мнх	1	Рим-Мюнхен	894	894	Рим		1	1	$X_{Р-Мнх}=1$
3	Мнх-Б	0	Мюнхен-Берлин	600	0	Мюнхен		0		$X_{Р-Мнх} - X_{Мнх-Б} - X_{Мнх-П} - X_{Мнх-Л} = 0$
4	Мнх-П	1	Мюнхен-Прага	376	376	Прага		0		$X_{Мнх-П} - X_{П-Г} - X_{П-В} - X_{П-Л} = 0$
5	Мнх-Л	0	Мюнхен-Львов	1203	0	Берлин		0		$X_{Мнх-Б} - X_{Б-В} - X_{Б-Г} = 0$
6	Б-В	0	Берлин-Варшава	575	0	Львов		0		$X_{Мнх-Л} + X_{П-Л} - X_{Л-Мнх} - X_{Л-К} = 0$
7	Б-Г	0	Берлин-Гданьск	474	0	Гданьск		0		$X_{Б-Г} + X_{П-Г} - X_{Г-Мнх} - X_{Г-Мнх} = 0$
8	П-В	1	Прага-Варшава	620	620	Варшава		0		$X_{Б-В} + X_{П-В} - X_{В-Мнх} = 0$
9	П-Л	0	Прага-Львов	822	0	Минск		0		$X_{Л-Мнх} + X_{В-Мнх} + X_{Г-Мнх} - X_{Мнх-Мнх} = 0$
10	П-Г	0	Прага-Гданьск	747	0	Киев		0		$X_{Л-К} + X_{К-Мнх} = 0$
11	Г-Мск	0	Гданьск-Москва	1428	0	Москва		1	1	$X_{К-Мнх} + X_{Мнх-Мнх} + X_{Г-Мнх} = 1$
12	Г-Мн	0	Гданьск-Минск	678	0					
13	Л-К	0	Львов-Киев	519	0					
14	К-Мск	0	Киев-Москва	875	0					
15	Л-Мн	0	Львов-Минск	523	0					
16	Мн-Мск	1	Минск-Москва	785	785					
17	В-Мн	1	Варшава-Минск	446	446					
18	Протяженность наиболее короткой дороги Рим-Москва				3121					

Рисунок 5.12 – Итоговая таблица решения задачи

5.4 Показатели транспортного процесса

Транспортный процесс состоит из трех основных элементов: погрузки, движения и разгрузки.

Погрузка включает в себя подачу транспортных средств к нужному месту, организацию фронта работ, накопление, формирование и сортировку груза, оформление документов, сопровождающих перевозку.

Движение является основной функцией транспорта. Усложнившееся движение транспортного потока требует большего внимания и от составителей маршрутов, и от исполнителей (водителей, машинистов, капитанов) для сокращения времени в пути и гарантированной безопасности перевозки грузов или пассажиров.

Разгрузка – это подача транспортного средства в зону работ, расформирование и сортировка груза, оформление документов на прибывший груз.

При осуществлении перевозок элементы транспортного процесса для каждой единицы подвижного состава (автомобиля, автопоезда) постоянно повторяются. Это обстоятельство определяет циклический характер транспортного процесса. Циклом транспортного процесса является езда, представляющая собой комплекс трех элементов транспортного процесса от одной погрузки груза на каждую единицу подвижного состава до следующей погрузки. Таким образом, за цикл каждый автомобиль простаивает под одной

погрузкой, одной разгрузкой, совершает пробег с грузом и пробег без груза к месту следующей погрузки, т.е. *ездка* представляет собой производственный процесс, состоящий из погрузки груза, перемещения, разгрузки и подачи автомобиля в следующий пункт погрузки.

Продолжительность цикла (время ездки) складывается из времени, затрачиваемого на выполнение всех трех элементов транспортного процесса. При выполнении транспортного процесса ездки осуществляются на разные расстояния с разными скоростями, различным количеством и характером груза, к различным клиентам, вследствие чего время, затрачиваемое на выполнение ездки, будет разным, как и объем работы, выполняемый за каждую ездку. Поэтому при планировании и организации транспортного процесса пользуются средними значениями продолжительности ездки и времени выполнения отдельных элементов.

Все процессы производства, в том числе и транспортный, планируются, измеряются и оцениваются по специально разработанным системам показателей и измерителей. Характер работы транспортных предприятий, специфические особенности транспортного процесса, условия, в которых выполняется перевозочная работа, потребовали создания своеобразной системы показателей, отражающих как отдельные элементы, так и весь транспортный процесс в целом. Эти показатели устанавливают закономерную связь между отдельными элементами транспортного процесса и количественным изменением транспортной продукции.

Для характеристики деятельности транспортного предприятия можно использовать систему показателей на основе следующих исходных данных:

1. *Стоимостные показатели:* транспортные издержки, амортизация, затраты на содержание транспортного средства, издержки обслуживания капитала, стоимость транспортных средств, общая сумма убытка.

2. *Количественные показатели:* число транспортных средств, число работников отдела, число перевозимых грузовых единиц, суммарная и единичная кубатура перевозимых грузовых единиц, суммарная и единичная масса перевозимых грузовых единиц, число отправленных транспортных единиц (по типам грузовых машин, вагонов, судов, контейнеров), число отправленных грузовых единиц (в зависимости от необходимости поделенных на разные классы или типы грузовых единиц, напр., поддоны, корабельные контейнеры, коробки, специальные контейнеры, штуки), заявленная отправка в целом, отправленный тоннаж.

3. *Качественные показатели:* число аварий транспортных средств, число возвратов, число повреждённых продуктов во время транспортировки, число доставок с опозданиями, число неявок работников.

4. *Пространственные показатели*: общий пробег транспортных средств, средний пробег транспортных средств, пробег, осуществленный отдельными водителями.

5. *Временные показатели*: время работы транспортных средств, время работы водителей, время работы остальных работников, время доставки, длительность периода эксплуатации отдельных транспортных средств, эффективное время осуществления технического обслуживания, время простоя, эффективное число часов работы транспортных средств.

Время работы подвижного состава на линии, или время в наряде, складывается из времени движения и времени простоя подвижного состава в пунктах погрузки и разгрузки. Время движения зависит в первую очередь от скорости движения и пройденного подвижным составом пути. Простой подвижного состава под погрузкой и разгрузкой является неотъемлемой составной частью транспортного процесса и характеризуется временем на погрузку и разгрузку, приходящимся на одну езду автомобиля. Время простоя подвижного состава в пунктах погрузки складывается из времени на выполнение погрузочно-разгрузочных операций и времени, связанного с приемом, сдачей и оформлением товарно-транспортных документов.

Каждая единица подвижного состава характеризуется определенной номинальной грузоподъемностью в тоннах, определяющей предельное количество груза. Однако грузоподъемность не всегда используется полностью вследствие перевозки небольшого количества груза или груза с малым объемным весом. Поэтому для оценки степени использования грузоподъемности подвижного состава применяются коэффициенты статического и динамического использования грузоподъемности, отличающиеся по методам определения и величине.

Работа подвижного состава во многом зависит от величины технической и эксплуатационной скорости движения. Техническая скорость движения отражает скоростные свойства автомобиля, тягача в определенных условиях эксплуатации. Эксплуатационная скорость зависит не только от технической скорости, но и от продолжительности простоя подвижного состава под погрузкой и разгрузкой и различных задержек в пути.

Поскольку не весь пробег подвижного состава используется производительно и часть его совершается без груза, то необходим показатель, оценивающий степень использования пробега.

Для оценки транспортного процесса применяются такие понятия, как езда, длина езды, пробег с грузом за езду и расстояние перевозки 1 т груза.

Езда, как уже отмечалось выше, представляет собой законченный цикл транспортного процесса. За время работы на линии подвижным составом выполняется определенное количество ездов. Каждая езда характеризуется соответствующей длиной и величиной пробега подвижного состава

с грузом. Средняя величина пробега с грузом за езду не всегда совпадает по величине со средним расстоянием перевозки груза. Они имеют разную величину при различной длине ездки и грузоподъемности автомобилей, а также при одинаковой грузоподъемности автомобилей, но при разном коэффициенте использования их грузоподъемности.

Уровень технико-эксплуатационных показателей не является постоянным и зависит от многих факторов, к числу которых относятся: тип и грузоподъемность подвижного состава; род и характер перевозимых грузов; методы организации перевозок, технического обслуживания и ремонта подвижного состава; условия работы подвижного состава на линии (характер обслуживаемых предприятий и организаций, степень механизации погрузочно-разгрузочных работ и т.п.); развитие и состояние сети дорог; природно-климатические условия и административно-географическая зона, в которой выполняются перевозки; техническая оснащенность транспортных предприятий; условия организации и оплаты труда работников транспортных предприятий и др.

От уровня технико-эксплуатационных показателей зависит производительность подвижного состава – выработка в тоннах и тонно-километрах. Для планирования, учета и анализа работы подвижного состава грузового автомобильного транспорта установлена система показателей, позволяющая оценивать степень использования подвижного состава и результаты его работы.

Некоторые основные показатели, характеризующие транспортный процесс, приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Некоторые показатели транспортного процесса

Показатель	Формула	Обозначения
1	2	3
Использование грузоподъемности подвижного состава		
Статический коэффициент использования грузоподъемности		
за езду	$\gamma_{cm} = \frac{q_{\phi}}{q_n}$	q_{ϕ} – количество фактически перевезенного за езду груза, т; q_n – номинальная грузоподъемность автомобиля, т;
за смену	$\gamma_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^{n_e} q_{\phi_i}}{q_n \cdot n_e} = \frac{Q_{сут}}{q_n \cdot n_e}$	n_e – количество выполненных за день ездов; $Q_{сут}$ – суточный объем перевозок, т
Динамический коэффициент использования грузоподъемности		
за езду	$\gamma_{\partial} = \frac{q_{\phi} l_{e\partial}}{q_n l_{e\partial}} = \frac{q_{\phi}}{q_n} = \gamma_{cm}$	$l_{e\partial}$ – средняя длина ездки с грузом, км

Продолжение таблицы 5.6.

1	2	3
за смену	$\gamma_{дин} = \frac{\sum_{i=1}^{n_e} q_{\phi_i} l_{e2_i}}{q_n \sum_{i=1}^{n_e} l_{e2_i}} = \frac{P_{mp\phi}}{P_{mpвозм}}$	$P_{mp\phi}$ – фактическая транспортная работа, ткм; $P_{mpвозм}$ – возможная транспортная работа, ткм
Использование пробега подвижного состава		
Общий пробег подвижного состава		
за ездку	$l_e = l_{e2} + l_x$	l_{e2} – пробег с грузом за ездку, км; l_x – холостой пробег за ездку, км;
за смену	$L_{общ} = L_{2p} + L_x$	L_{e2} – пробег с грузом за смену, км; L_x – холостой пробег за смену, км
Коэффициент использования пробега		
за ездку	$\beta_e = \frac{l_{2p}}{l_e}$	l_{e2} – пробег с грузом, км; l_e – общий пробег за одну ездку, км;
за смену	$\beta = \frac{L_{2p}}{L_{общ}}$	L_{e2} – груженный пробег за смену, км; $L_{общ}$ – общий пробег за смену, км;
Средняя длина ездки с грузом	$l_{e2} = \frac{L_{2p}}{n_e}$	Q – объем перевозок, т
Среднее расстояние перевозки	$l_{cp} = \frac{P_{mp\phi}}{Q}$	
Продолжительность ездки	$t_e = t_{\partial\phi} + t_{n-p}$ $t_e = t_{e2} + t_{\partial\phi} + t_{n-p}$ $t_e = \frac{l_e}{V_T} + t_{n-p} = \frac{l_{e2}}{\beta_e V_T} + t_{n-p}$	t_{e2} – время ездки с грузом; $t_{\partial\phi}$ – время ездки без груза; $t_{\partial\phi}$ – время движения (включая простои, связанные с регулированием движения); t_{n-p} – время простоев в пунктах погрузки и разгрузки; V_T – техническая скорость
Средние скорости движения подвижного состава	$V_t = \frac{L_{общ}}{T_{ld}};$ $V_3 = \frac{L_{общ}}{T_n} = \frac{L_{общ}}{T_{\partial\phi} + T_{n-p}}$	V_3 – эксплуатационная скорость; T_n – время нахождения подвижного состава на линии
Число ездов за смену	$n_e = \frac{T_{см}}{t_e} = \frac{T_{см} \cdot \beta_e \cdot V_T}{l_{e2} + t_{n-p} \cdot \beta_e \cdot V_T}$	
Производительность подвижного состава		
Производительность подвижного состава		
за ездку	$U_e = q_n \gamma_c$	
за смену	$U_{см} = q_n \gamma_c n_e$	
Транспортная работа		
за ездку	$W_e = q_n \gamma_c l_{e2}$	

Окончание таблицы 5.6.

1	2	3
за смену	$W_{см} = q_n \gamma_{сн} l_{еэ};$ $W_{см} = q_{\phi} n_e l_{еэ} = \frac{T_{см} \cdot \beta_e \cdot V_T \cdot q_n \cdot \gamma_{дин} \cdot l_{еэ}}{l_{еэ} + \beta_e \cdot V_T \cdot t_{n-p}}$	
Количество автомобилей для освоения заданного объема перевозок	$A_m = \frac{Q_{сут}}{U_{дн}}$	$Q_{сут}$ – суточный объем перевозки груза; $U_{дн}$ – производительность подвижного состава за день

Контрольные вопросы

1. Какова цель проектирования системы перевозок грузов?
2. Перечислите основные элементы системы грузовых перевозок.
3. Дайте характеристику маятниковых и кольцевых маршрутов движения транспорта.
4. Каким образом классифицируются кольцевые маршруты перевозки грузов?
5. Опишите сущность сетевой модели выбора оптимального маршрута движения транспорта.
6. Для каких целей используется инструмент «Поиск решения» в транспортной логистике?
7. По каким критериям осуществляется выбор вида транспорта?
8. Из каких элементов складываются общие логистические затраты?
9. Какие показатели характеризуют деятельность транспортного предприятия?

ГЛАВА 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

6.1 Цепь поставок как система формирования ценности

Столкнувшись с проблемами и задачами, порождаемыми нынешней конкурентной средой, организации неминуемо приходят к выводу, что управлять нужно не только собственным бизнесом, но и цепью поставок. Организация должна участвовать в управлении сетью всех предприятий, которые расположены выше по потоку и непосредственно или косвенно загружают входную сторону организации (например, сырье, исходные материалы, комплектующие и т.п.), а также сетью предприятий, расположенных ниже по потоку, отвечающих за доставку соответствующего продукта к потребителю и его послепродажное обслуживание.

Цепь поставок (Supply Chain) охватывает все организации и виды деятельности, связанные с перемещением и преобразованием товаров, начиная со стадии сырья и исходных материалов и заканчивая доставкой готовых продуктов конечному пользователю, а также связанные со всем этим информационные потоки. Материалы и информация перемещаются вверх и вниз по цепи поставок [30, с. 61].

Управление цепью поставок (Supply Chain Management – SCM) – это интеграция и управление всеми организациями и видами деятельности, входящими в цепь поставок, на основе взаимного сотрудничества, эффективных бизнес-процессов и высокой степени совместного использования информации с целью создания высокоэффективных систем формирования ценности, которые обеспечивали бы организациям-участникам существенное конкурентное преимущество [30, с. 61].

Если мы рассматриваем в контексте этого определения отдельное предприятие, то должны учитывать сеть его поставщиков, расположенных выше по потоку, и его канал распределения, расположенный ниже по потоку. В соответствии с этим определением цепь поставок включает управление информационными системами, поиск источников, закупки, составление календарных планов производства, обработку заказов, управление товарно-материальными запасами, складирование, обслуживание потребителей, а также послепродажную утилизацию упаковки и материалов. Сеть поставщиков включает все организации, которые непосредственно или косвенно загружают входную сторону рассматриваемого нами предприятия. Например, сеть поставщиков автомобилестроительной компании включает тысячи фирм, которые поставляют этой компании все необходимое, начиная с сырья и исходных материалов (например, стальной лист и пластмассы)

и заканчивая сложными сборочными узлами и прочими комплектующими (например, трансмиссии и тормоза).

Как показано на рисунке 6.1, сеть поставщиков может включать собственные (внутренние) подразделения компании, а также сторонних (внешних) поставщиков.

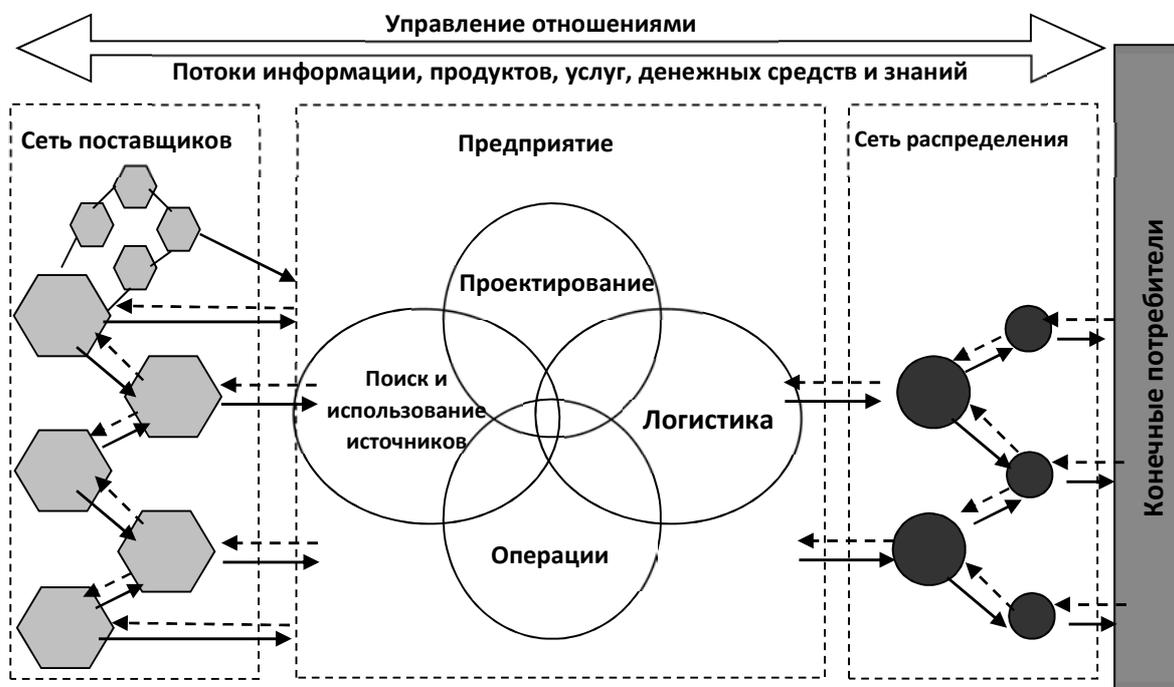


Рисунок 6.1 – Интегрированная цепь поставок

Источник: [30, с. 62].

Конкретный материал, прежде чем поступить на сборочный конвейер автомобилестроительной компании, должен пройти через несколько процессов обработки, осуществляемых разными поставщиками и собственными подразделениями компании. В свою очередь, у каждого поставщика может быть собственная сеть поставщиков, которая загружает его входную сторону (так называемые «поставщики второго уровня») и которая также входит в данную цепь поставок. Начало такой цепи поставок восходит к так называемому «истоку», т.е. первичному источнику всех материалов, которые движутся по данной цепи (например, железная руда, уголь, нефть, дерево и т.п.). Цепь поставок – это, по сути, последовательность взаимосвязанных поставщиков и потребителей; каждый потребитель является, в свою очередь, поставщиком для организации, расположенной ниже по потоку, – и так до тех пор, пока готовый продукт не достигнет конечного потребителя.

С точки зрения рассматриваемого предприятия, цепь поставок включает поставщиков, расположенных выше по потоку, внутренние функции и потребителей, расположенных ниже по потоку. *К внутренним функциям*

(Internal Functions) предприятия относятся процессы, используемые для преобразования поступлений, источником которых служит сеть поставщиков. В случае автомобилестроительной компании к внутренним функциям относятся всё её производство деталей и узлов (например, штамповка, изготовление трансмиссий и компонентов), из которых постепенно собирается автомобиль. Координирование и планирование этих внутренних потоков представляет собой весьма сложную задачу, особенно в таких крупных организациях, как автомобилестроительные компании. Например, менеджеры по обработке заказов отвечают за перевод запросов потребителей в фактические заказы, которые вводятся в систему. В автомобилестроительной компании эти сотрудники работают в основном с обширной дилерской сетью, гарантируя таким образом выпуск оптимального ассортимента автомобилей и запасных частей, что, в свою очередь, позволяет дилерам полностью удовлетворять потребности своих клиентов. Обработка заказов может также включать широкое взаимодействие с потребителями, в том числе выработку соображений по формированию цен, обсуждение дат доставки и прочих требований, касающихся поставки готовой продукции, а также послепродажного обслуживания. Еще одной важной внутренней функцией остается составление календарных производственных планов, которые переводят заказы на язык фактических производственных заданий. Это может предполагать взаимодействие с системой планирования материальных потребностей (Materials Requirements Planning – MRP), с календарным планированием, с планированием занятости персонала, а также производственных мощностей и техобслуживания оборудования.

Вторая важная часть управления цепью поставок касается *внешних участников цепи поставок, расположенных вверх по потоку*. Чтобы управлять потоком материалов между всеми организациями, расположенными в цепи поставок вверх по потоку, фирмы располагают сотрудниками, которые отвечают за то, чтобы требуемые материалы прибыли в требуемое место в требуемое время. Осуществляемая ими закупочная функция выполняет роль важного «интерфейса» с поставщиком, расположенным вверх по потоку. Менеджеры по закупкам отвечают за выбор поставщиков; производительность поставщиков; наиболее подходящие договорные механизмы; благоприятные отношения со всеми поставщиками. Менеджеры по закупкам могут также отвечать за совершенствование базы поставок и выполнять роль посредников между поставщиками и прочими внутренними участниками цепи поставок (конструкторский отдел, бухгалтерия и т.п.).

Менеджеры по материалам отвечают за планирование, прогнозирование и составление календарных графиков материальных потоков между

разными поставщиками в цепи. Они играют важную роль, координируя широкий спектр действий. Менеджеры по материалам работают в тесном контакте с составителями календарных производственных планов, обеспечивая тем самым своевременность доставки поставщиками в нужные места всех необходимых материалов. Это дает им возможность составлять свои планы с учетом необходимого опережения запланированных дат производства и доставки готовой продукции.

Наконец, к *внешним участникам цепи поставок, расположенным вниз по потоку* от рассматриваемой фирмы, относятся все организации, процессы и функции, через которые проходит данный продукт на своем пути к конечному потребителю. В распределительной сети автомобилестроительной компании к ним относятся запас готовой продукции и запчастей, склады, а также дилерская и торговая сети. Этот канал распределения относительно невелик.

Другие типы цепей поставок могут иметь относительно небольшие цепи внутренних поставок, но разветвленные каналы распределения, расположенные вниз по потоку. В той части цепи поставок, которая расположена вниз по потоку, обеспечение перемещений материалов между теми или иными пунктами является функцией логистики. Логистическая деятельность, как правило, включает создание сети, упаковку, складирование, транспортировку, обработку заказов, обработку материалов и управление запасами готовой продукции.

Одной из важных тенденций последнего времени в управлении цепью поставок остается усиление функции восстановления, утилизации или повторного использования отходов конечного потребления. Организации теперь не ограничивают свои каналы распределения конечными пользователями, а удлиняют эти каналы распределения таким образом, чтобы они включали прием и разборку конечной продукции для ее частичного повторного использования в новой продукции. Организации пытаются замкнуть этот контур и постепенно, не нанося вреда окружающей среде, трансформируют использованные продукты, поддающиеся утилизации, в новые продукты и/или материалы. В других случаях организации создают разветвленные ремонтные сети для устранения дефектов и потомков (в том числе и тех, которые обнаружались в гарантийный период), с которыми нередко приходится сталкиваться, когда речь идет о продуктах, возвращенных потребителями. Эта функция может включать послепродажное обслуживание, текущее и профилактическое техобслуживание и прочие действия, направленные на постоянное удовлетворение запросов потребителя. Таким образом, организации должны активно работать над совершенствованием своих функций «реверсивной логистики», связанных с управлением потоком продуктов, движущихся по цепи поставок в обратном направлении.

Все организации представляют составные части одной или нескольких цепей поставок. Каким бы видом деятельности компания ни занималась – продажей непосредственно конечному потребителю, оказанием какой-либо услуги, производством какого-либо продукта или извлечением какого-либо сырья из недр, – деятельность компании всегда можно рассматривать в контексте её роли в цепи поставок.

Три крупные перемены, касающиеся глобальных рынков и технологий, заставили высшее руководство компаний всерьез отнестись к проблемам управления цепью поставок:

1) постоянно возрастающие запросы потребителей, вызванные глобальной конкуренцией и затрагивающие такие факторы, как себестоимость продукции, качество продуктов и услуг, доставка потребителю, используемые технологии и длительность цикла;

2) формирование и широкое признание важности межорганизационных отношений сотрудничества на более высоком уровне;

3) информационная революция.

Каждый из этих факторов способствовал формированию подхода, который получил название управления интегрированными цепями поставок. В результате возникла новая концепция – концепция «системы формирования ценности».

Система формирования ценности – это взаимосвязанная совокупность организаций, ресурсов и потоков знаний, участвующая в создании и доставке ценности конечным потребителям. Системы формирования ценности объединяют действия, выполняемые в цепи поставок, – начиная с определения запросов потребителей, разработки конкретных продуктов или услуг, производства или операций и заканчивая распределением, включая (применительно к конкретной ситуации) поставщиков первого, второго и третьего уровней. Целью систем формирования ценности является такое позиционирование организаций в цепи поставок, которое позволяет им обеспечить наивысшие уровни удовлетворенности потребителей и потребительской ценности при условии эффективного использования компетенций всех организаций, участвующих в данной цепи поставок.

На рисунке 6.2 показана последовательность действий и стратегий, выполнение которых необходимо для успешного создания интегрированных систем формирования ценности.

1. *Отображение цепи поставок «такой как она есть».* Этот первый шаг заключается в оптимизации координирования разных бизнес-функций. Закупки, операции и распределение должны осуществляться с помощью хорошо

скоординированных бизнес-стратегий, с использованием единых показателей эффективности функционирования и с полным пониманием того, в каком направлении развивается данная организация. Необходимо проанализировать и усовершенствовать базовые процессы (исполнение заказов, стратегии привлечения сторонних организаций, логистические потоки). Вся деятельность (по всем глобальным подразделениям) необходимо задокументировать, причем для всех важнейших закупок необходимо разработать четкие товарные стратегии. Кроме того, необходимо оптимизировать фундаментальную структуру сети поставщиков и потребителей (в большинстве случаев – за счет сокращения базы поставок или базы потребителей). Для этого необходимо, чтобы руководство организации понимало, с кем они ведут свой бизнес и на каких уровнях отношений находятся участники цепи поставок.

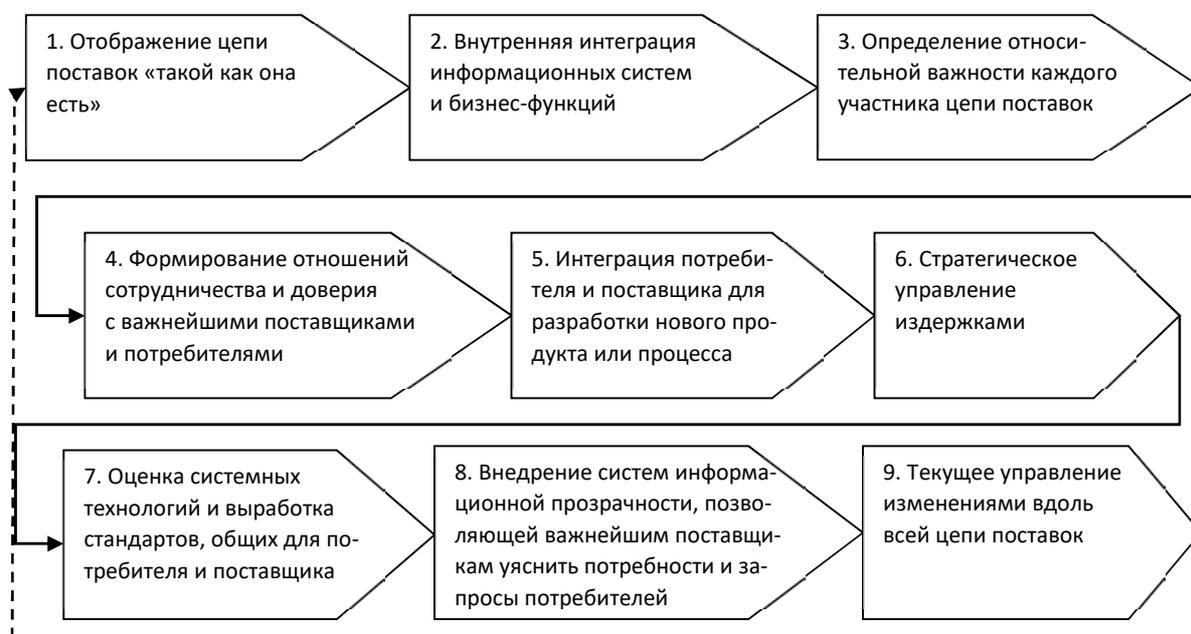


Рисунок 6.2 – Схематическое отображение процесса создания интегрированных систем формирования ценности

Источник: [30, с. 67].

2. Внутренняя интеграция информационных систем и бизнес-функций.

На этой фазе организации должны сосредоточить свои усилия на внутренней интеграции своих функциональных подразделений. Системы планирования ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning – ERP) представляют собой интегрированные системы обработки и выдачи данных о бизнес-транзакциях. Программные приложения ERP поддерживают реконструирование бизнес-процессов и образуют фундамент для интегрированной системы формирования ценности. Основное определение ERP та-

ково: это система, отслеживающая транзакции, которые в свою очередь инициируют выполнение бизнес-процессов с привлечением определенных ресурсов (людей, материалов и технологий).

Уяснив, какие ресурсы потребляются данной организацией, руководство может попытаться использовать их более продуктивно и, по крайней мере, теоретически обеспечить себе то или иное конкурентное преимущество. ERP-системы выполняют роль «несущей опоры» организации, обеспечивая фундаментальную поддержку процесса принятия решений. Они приносят в организационную информационную систему «логику процесса» и формируют дисциплину в бизнес-процессах. ERP-системы помогают объединять такие сферы, как управление заказами клиентов, планирование и осуществление производства, закупки, а также финансовое управление и бухгалтерский учет. ERP-системы дают возможность сотрудникам этих столь разных сфер бизнеса взаимодействовать между собой и совместно использовать информацию.

3. Определение относительной важности каждого участника цепи поставок. На следующей стадии эволюции компания должна изменить природу своего сотрудничества не только с поставщиками и потребителями первого уровня, но и по всей своей цепи поставок. В будущем победа достанется лучшим в цепях поставок, и менеджеры должны хорошо знать действия и требования важнейших поставщиков и потребителей входящих в их сеть поставок. Следует определить относительную важность каждого поставщика или потребителя для повышения ценности и эффективности цепи поставок в целом. Результаты такой оценки должны повлиять на тип организационных отношений, к формированию которых необходимо стремиться в ходе взаимодействия с соответствующей организацией.

Эффективность ключевых поставщиков (с точки зрения качества продукта, эффективности доставки и используемых технологий) нужно описывать на языке финансовых показателей, непосредственно определяемых конечными результатами. Это также означает, что внутренние стратегии ключевых партнеров по цепи поставок должны соответствовать внутренним стратегиям вашей организации, что позволяет воспользоваться их знаниями и опытом при формировании ценности. Наконец, совместное использование прогнозов и информации о спросе помогает планировать долгосрочное развитие производственных мощностей, уровень товарно-материальных запасов и потребности в людских ресурсах.

4. Формирование отношений сотрудничества и доверия с важнейшими поставщиками и потребителями. Существуют базовые процессы, позволяющие формировать отношения с важнейшими партнерами в цепи

поставок и управлять этими отношениями, налаживая доверие между отдельными сотрудниками и организациями в целом, а также создавая основы для заключения соглашения о совместном использовании информации.

5. *Интеграция потребителя и поставщика для разработки нового продукта или процесса.* После того, как будут решены перечисленные выше важные проблемы, появится ряд благоприятных возможностей для формирования большей ценности. Одна из таких возможностей заключается в совместном проектировании и разработке в цепи поставок новых продуктов. Важно отметить, что в наше время свыше 40% доходов на многих рынках обеспечивается новыми продуктами, появившимися в предшествующем году. Таким образом, если участники цепи поставок оказываются не в состоянии создать непрерывный поток «свежих» и новаторских технологий и продуктов, потребители находят себе других поставщиков.

6. *Стратегическое управление издержками.* Помимо создания новых продуктов, сотрудничество между участниками цепи поставок также оказывает влияние на еще один важный элемент – издержки. Стратегическое управление издержками предполагает рассмотрение проблемы издержек в контексте всей цепи поставок и сотрудничество с партнерами, направленное на сокращение издержек без нанесения ущерба величине прибыли и ставке доходности для важнейших акционеров в соответствующей цепи поставок. Работая совместно, участники цепи поставок получают возможность сокращать издержки, что позволяет им повышать свою рентабельность и/или «передавать ценность» конечному потребителю, завоевывая для себя таким образом большую долю рынка. Сотрудничество между участниками цепи поставок в оценке базовых компетенций, разработке новых продуктов и управлении издержками предоставляет им чрезвычайно благоприятную возможность для повышения своей экономической эффективности.

7. *Оценка системных технологий и выработка стандартов, общих для потребителей и поставщиков.* Для того, чтобы преобразование цепи поставок и её включение в систему формирования ценности оказалось успешным, организация должна полностью уяснить бизнес-процессы и информационные стандарты, которые обеспечивают беспрепятственное взаимодействие между покупателем и продавцом.

8. *Внедрение систем информационной прозрачности, позволяющих важнейшим поставщикам уяснить потребности и запросы потребителей.* Организации могут выполнить тонкую настройку процессов в своей цепи поставок, предоставляя возможность своим поставщикам разработать такие календарные производственные планы, которые будут не только полностью соответствовать требованию выполнения поставок точно в срок, но и минимизировать уровень товарно-материальных запасов. Архитектура такой системы

должна легко реализоваться с помощью World Wide Web и обеспечивать возможность совместного планирования и прогнозирования, должна быть понятна конечному потребителю, позволяя составлять календарные планы, вносить изменения в реальном времени, планировать производственные мощности и товарно-материальные запасы, использовать информацию стандартных транзакций типа «заказ на закупку-счета к оплате». Реальный потенциал подобных систем можно повысить с помощью визуальной схемы цепи поставок с беспроводным и браузерным графическими интерфейсами, которую легко конфигурировать в соответствии с меняющимися условиями цепи поставок.

9. Текущее управление изменениями во всей цепи поставок. В процессе функционирования цепи поставок необходимо принимать межорганизационные решения на основе межорганизационных показателей эффективности работы всех участников цепи поставок, учитывающих стоимостные компоненты, технологии, потенциалы роста и прибыльности.

По сравнению с местными цепями поставок, для международных цепей поставок зачастую характерны следующие особенности: большие географические расстояния и временные различия; охват нескольких национальных рынков; размещение операций на территории разных стран; наличие больших возможностей по причине разнообразия условий предложения и спроса. Однако с глобальными цепями поставок связаны дополнительные затраты. Основные категории затрат в глобальной цепи поставок включают:

- производственные затраты – покупные материалы, трудозатраты, эксплуатация оборудования и расходы на закупки;
- затраты на перемещение – транспортные издержки, затраты на хранение товарно-материальных и резервных запасов в пути, а также пошлины;
- затраты на стимулирование и субсидии – надбавки и субсидии;
- издержки нематериального характера – затраты на обеспечение качества, затраты на адаптацию продукта или на совершенствование, и затраты по координации;
- накладные расходы — совокупные текущие постоянные издержки;
- долговременные затраты по факторам – изменения производительности и заработной платы, изменения валютных курсов, изменения в дизайне продукта и базовой компетенции.

Повышение эффективности глобальной цепи поставок передовыми организациями основывается на следующем: рационализация цепей поставок за счет изменения места расположения звеньев цепи поставок и режимов транспортировки; сокращение буферных товарно-материальных запасов и времени между последовательными стадиями в цепи поставок; увеличение географического и международного охвата цепей поставок; увеличение

сложности товаров и услуг, доступ к которым можно получить посредством цепей поставок.

6.2 Последовательность планирования потребности в распределении интегрированных цепей поставок

Планирование потребности в распределении (*Distribution Requirements Planning – DRP*) – это адаптированная методика планирования материальной потребности к условиям управления движением товаров в многоуровневых распределительных сетях [31, с. 83]. Структура такой сети представлена на рисунке 6.3.



Рисунок 6.3 – Структура многоуровневой распределительной сети
Источник: [31, с. 83].

При планировании потребности в распределении используется следующие исходные данные: структура каналов распределения, располагаемый запас, величина партии поставки и длительность цикла поставки.

Структура каналов распределения (сокращенно также называется – структурой распределения) выполняет при планировании потребности в распределении такую же роль, как и описание структуры изделия при планировании потребности в материалах. Она разрабатывается для каждого товара (или группы товаров) отдельно. Сущность различия между структурой распределительной сети и структурой распределения представлена на рисунке 6.4. Непрерывной линией обозначены иерархические связи в сети распределения. Пунктирной линией обозначено движение конкретного товара *U* в сети распределения. Он поставляется через внешнего поставщика на региональный склад А, откуда через оптовый склад *G* попадает в пункты продажи А, В, С. Как видно на рисунке, структура распределения товара *U* отличается от структуры сети распределения.

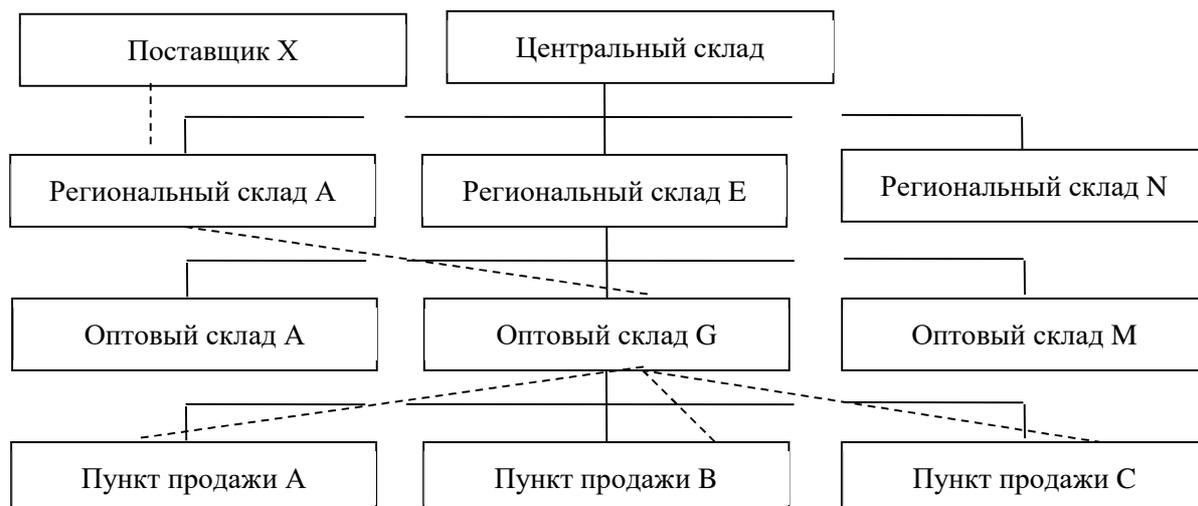


Рисунок 6.4 – Разница между структурой распределительной сети и структурой каналов распределения

Источник: [31, с. 84].

Для описания структуры каналов распределения применяются такие же подходы, как и при описании структуры изделия:

- а) располагаемый запас определяется аналогично располагаемому запасу в методе планирования материальной потребности;
- б) размер партии поставки определяется аналогично размеру партии поставки в методе планирования материальной потребности;
- в) длительность цикла поставки определяется исходя из статистических данных или согласовывается с поставщиками.

Цель применения метода планирования потребности в распределении – это устранение в сети распределения всяких видов запасов в таком смысле, как они понимаются в управлении запасами, а значит, страхового запаса и текущего запаса на всех уровнях сети, кроме пунктов продажи. На уровне пунктов продажи, учитывая риск появления колебаний спроса, в каждом из них поддерживается страховой запас для каждого товара. Отсюда на уровне пунктов продажи для определения размера располагаемого запаса применяется способ, учитывающий существование страхового запаса.

Для каждого из пунктов продажи определяется прогноз спроса. Он является основой для разработки графика поставок в каждый из пунктов продажи. На основании этих графиков разрабатывается график поставок в снабжающий их высший узел сети распределения.

Применение метода планирования потребности в распределении представлено на примере товара U и двух самых низких уровней сети распределения – это значит пунктов продажи A , B и C снабжающего их товаром U оптового склада G .

Пример. Предположим, что для каждого из пунктов продажи определен прогноз спроса на товар U . Первый, указанным в прогнозе днем является понедельник. Предположим, что товар U – это пиво, прогноз продажи определяется количеством ящиков, а пункт продажи A – это розничный магазин, расположенный в местности с плотной дачной застройкой. Информация о прогнозе спроса в пункте продажи A представлена в таблице 7.1.

Таблица 6.1 – Прогноз спроса на товар U в пункте продажи A

День	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прогноз продажи	10	10	12	12	40	30	10	10	10	10

Пункт продажи B является розничным магазином, расположенном в районе, жители которого в выходные дни обычно выезжают за город. Информация о прогнозе спроса в пункте продажи B представлена в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Прогноз спроса на товар U в пункте продажи B

День	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прогноз продажи	20	20	20	20	15	10	15	20	20	20

Пункт продажи C является розничным магазином, расположенном в обычном районе города, жители которого проводят выходные дома. Информация о прогнозе спроса в пункте продажи C представлена в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Прогноз спроса на товар U в пункте продажи C

Рабочий день	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прогноз продажи	8	4	4	4	8	12	10	8	4	4

Предположим, что все пункты продажи находятся приблизительно на одном и том же расстоянии от оптового склада G и товар поставляется одним и тем же транспортным средством. Таким образом, можно принять общие для всех пунктов продажи длительность цикла и размер поставки:

- длительность цикла поставки в каждый пункт продажи – 2 дня;
- размер поставки в каждый пункт продажи – 30 ящиков;
- располагаемый запас в пунктах продажи A , B и C составляет, соответственно, 30, 30 и 10 ящиков.

Теперь можно приступить к разработке графиков поставки в каждый из пунктов продажи. Графики в методе планирования потребности в распределении имеют такой же вид, как и графики планирования материальной потребности. Единственная разница заключается в том, что спрос брутто заменяется прогнозом продажи (таблицы 6.4 – 6.6).

Таблица 6.4 – График поставки в пункт продажи *A*

Дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прогноз продажи	10	10	12	12	40	30	10	10	10	10
Располагаемый запас	30	20	8	0/26	0/16	0/16	6	0/26	0/16	6
Потребность нетто	–	–	–	4	14	14	–	4	–	–
Планируемая поставка	–	–	30	30	30	–	30	–	–	–
Планируемый заказ	30	30	30	–	30	–	–	–	–	–

Таблица 6.5 – График поставки в пункт продажи *B*

Дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прогноз продажи	20	20	20	20	15	10	15	20	20	20
Располагаемый запас	30	10	0/20	0	0/15	5	0/20	0	0/10	0/20
Потребность нетто	–	–	10	–	15	–	10	–	20	10
Планируемая поставка	–	30	–	30	–	30	–	30	30	–
Планируемый заказ	30	30	–	30	–	30	30	–	–	–

Таблица 6.6 – График поставки в пункт продажи *C*

Дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прогноз продажи	8	4	4	4	8	12	10	8	4	4
Располагаемый запас	10	6	2	0/28	20	8	0/28	20	16	12
Потребность нетто	–	–	–	2	–	–	2	–	–	–
Планируемая поставка	–	–	30	–	–	30	–	–	–	–
Планируемый заказ	30	–	–	30	–	–	–	–	–	–

В графике поставок в пункт продажи *B* появляются ситуации, требующие принятия оперативных решений:

– если мы не сократим цикл первой поставки на половину, то в районе может не хватить пива. Хотя, следует отметить, что длительность цикла поставки рассчитывается всегда со значительным запасом;

– в 4 и 8 днях располагаемый запас будет равен 0. Непрерывность продажи в эти дни в случае, если спрос превысит прогнозируемый, будет обеспечена страховым запасом;

– если объем продажи в 4 и 8 днях будет больше прогнозируемого, появится проблема увеличения поставок в 5 и 9 дни в размере, требующемся на создание страхового запаса.

Перейдем теперь к очередному этапу – разработка графика поставок на оптовый склад *G*. Начнем с объединения заказов, планируемых по отдельным пунктам продажи (таблица 6.7).

Таблица 6.7 – Заказы, планируемые по отдельным пунктам продажи

Дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пункт А	30	30	30	–	30	–	–	–	–	–
Пункт В	30	30	–	30	–	30	30	–	–	–
Пункт С	30	–	–	30	–	–	–	–	–	–
Итого	90	60	30	60	30	30	30	–	–	–

Сумма размера заказов по отдельным пунктам продажи представляет собой готовый прогноз потребности для оптового склада G и его достаточно поместить в соответствующую строку графика потребности и определить размер и длительность цикла поставки товара U на оптовый склад G . Предположим, что эти размеры составляют:

- размер партии поставки – 120 ящиков (для поставок на оптовый склад используется большее по вместимости транспортное средство, чем для поставок в пункты продажи);

- длительность цикла поставки – 2 дня;

- располагаемый запас на оптовом складе G составляет 120 ящиков.

Теперь мы можем приступить к разработке графика поставок на оптовый склад G (таблица 6.8).

Таблица 6.8 – График поставок на оптовый склад G

Дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прогноз продажи	90	60	30	60	30	30	30	–	–	–
Располагаемый запас	120	60	30	0/90	60	30	0	0	0	0
Потребность нетто	–	–	–	30	–	–	–	–	–	–
Планируемая поставка	–	–	120	–	–	–	–	–	–	–
Планируемый заказ	120	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Аналогичным способом может планировать поставки на региональные склады и центральный склад. Целая сеть распределения может быть, таким образом, охвачена одним, общим механизмом планирования. Это может быть начальным пунктом для дальнейшего совершенствования функционирования системы распределения:

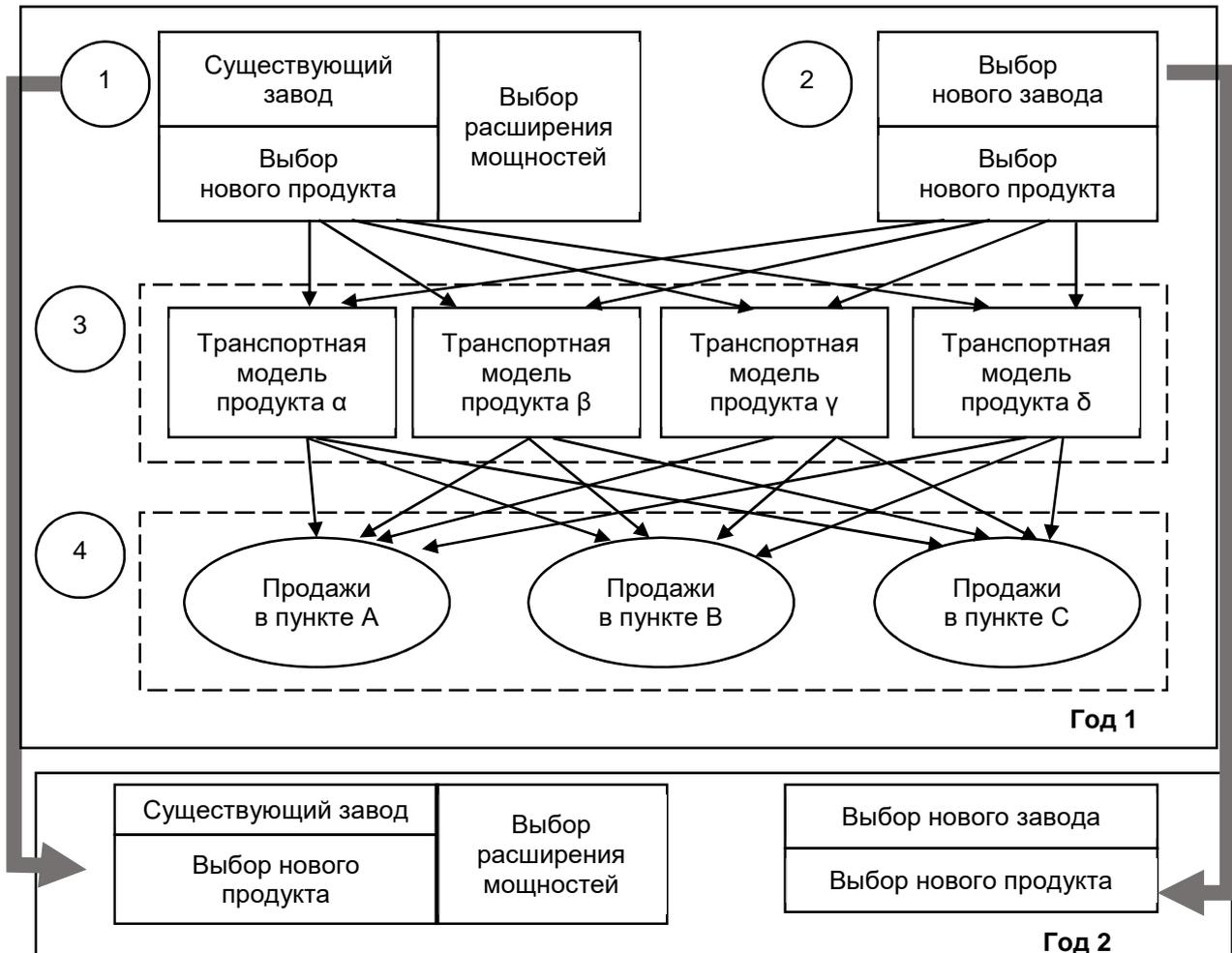
- отдельные графики представляют исчерпывающие данные по загрузке транспортных средств, а значит, на их основе можно разрабатывать и графики работы транспортных средств;

- очередным этапом совершенствования функционирования сети распределения может быть применение расчета располагаемого запаса на складе с учетом запаса на транспорте. Вместе с применением смешанных перевозок (*cross-docking*) это позволяет исключить отдельные оптовые и региональные склады и организовать поставку непосредственно из центрального склада в пункты продажи.

Внедрение планирования потребности в распределении в современных сетях распределения, совместно с использованием современных информационных технологий, является основой внедрения таких стратегий (моделей действия) как ECR (*Efficient Customer Response*) или QR (*Quick Response*).

6.3 Построение интегрированных моделей цепи поставок на основе моделей смешанного целочисленного линейного программирования

К интегрированным моделям цепи поставок относятся модели, которые создаются путем построения множества подмоделей: транспортных, складских, моделей распределения, закупок и т.д. На рисунке 6.5 представлена логика построения интегрированной модели цепи поставок.



1 – модель производства существующего завода; 2 – модель производства нового завода; 3 – модель транспортирования; 4 – модель продаж

Рисунок 6.5 – Логика построения интегрированной модели цепи поставок
Источник: [32, с. 115].

К интегрированным моделям цепи поставок можно отнести транспортно-складскую модель, которая является примером модели смешанного целочисленного линейного программирования.

Транспортно-складская задача – это задача о размещении центров распределения (складов), сформулированная и представленная в виде модели смешанного целочисленного линейного программирования.

Рассмотрим математическую постановку задачи. Определим двоичные переменные решения y_j и положим $y_j = 1$, если склад j арендуется, и $y_j = 0$ – нет, $\forall j \in \{1, \dots, n\}$. Введем следующие обозначения коэффициентов переменных модели линейного программирования:

R_j – ежемесячная стоимость аренды j -го склада;

$x_{i,j}$ – количество автофургонов, отправленных со склада j в регион i ;

$c_{i,j}$ – средние транспортные издержки на отправку одного автофургона со склада j в регион i ;

S_j – пропускная способность (мощность) j -го склада;

D_i – спрос i -го региона (рынка).

Теперь создадим модель, построив сначала целевую функцию.

Выражение $c_{11}x_{11} + \dots + c_{mn}x_{mn}$ отражает полные затраты, связанные с отправкой фургонов, а $d_1y_1 + \dots + d_ny_n$ – это полная стоимость аренды складов. Таким образом, целевую функцию и ограничения можно представить следующим образом.

Найти минимум целевой функции

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{i,j}x_{i,j} + \sum_{j=1}^n R_j y_j \rightarrow \min \quad (6.1)$$

при ограничениях

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n x_{i,j} \leq \sum_{i=1}^n S_i y_i, \quad j = 1, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n x_{i,j} = D_i, \quad i = 1, \dots, m \\ x_{i,j} \geq 0 \\ x_{i,j} \in N \cup \{0\}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \\ y_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, n \end{array} \right. \quad (6.2)$$

Первая строка в системе ограничений (6.2) – это ограничения по пропускной способности (мощности) складов. Если $y_j = 0$, то со склада j невозможно отправить ни один автофургон. Вторая строка в (6.2) гарантирует удовлетворение спроса в i -м регионе. Третье и четвертое ограничения – традиционные для классической транспортной задачи ограничения на неотрицательность и целочисленность переменных $x_{i,j}$. Последнее ограничение указывает, что переменная y_j должна быть двоичной.

Графически данная модель представлена на рисунке 6.6.

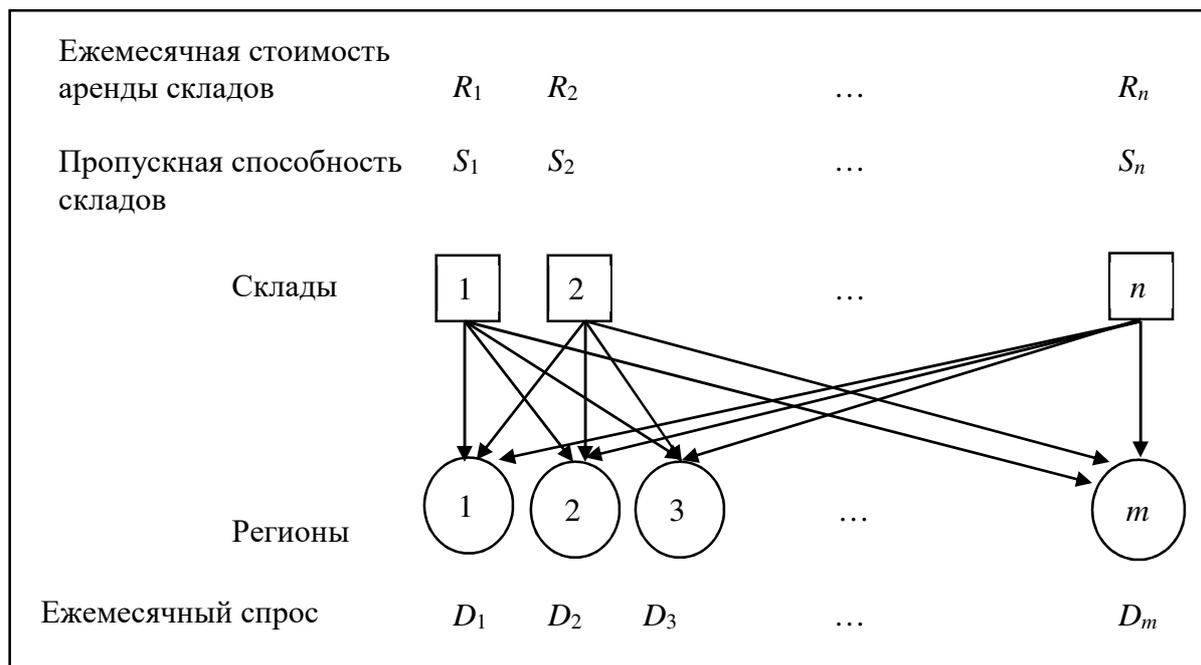


Рисунок 6.6 – Граф транспортно-складской задачи

Источник: [32, с. 117].

Рассмотрим формирование модели транспортно-складской задачи на примере компании ОАО «МОЛОКО».

Пример. В рамках модели компании ОАО «МОЛОКО» предположим, что компания располагает одним собственным складом (терминал «Центр») и два склада арендует (терминалы «Сервис» и «Север»). Стоимость аренды склада в промзоне «Парнас» (терминала «Север») составляет 1 млн. руб. ежемесячно, а склада в Московском районе (терминала «Сервис») – 750 тыс. руб. ежемесячно. Постоянные затраты на содержание собственного склада составляют 1,5 млн. руб. ежемесячно. Допустим, пропускная способность терминала «Центр» неограниченна, т.е. равна спросу потребителей всех регионов. Пропускная способность терминала «Сервис» составляет 1800 грузовых отправок, а терминала «Север» – 2500 грузовых отправок в течение месяца. Затраты на складские операции на каждую грузовую отправку (комплектация и погрузка заказа) составляют 550 руб. Предположим также, что из терминала «Центр» мы можем осуществлять прямые поставки товара всем потребителям. Суммарный месячный спрос всех клиентов в каждом из секторов развозки, выраженный в количестве груженых ездов, и фактические транспортные потоки представлены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Суммарный спрос потребителей и транспортные потоки

Потребители	Поставщики			Спрос i -го рынка D_i (кол-во груженых ездов)
	Сервис	Центр	Север	
	Потоки $x_{i,j}$			
Адмиралтейский район	2	292	0	294
Васильевский остров	10	233	0	243
Колпино	314	0	0	314
Красное село	117	0	0	117
Ломоносов	71	0	0	71
Металлострой	59	0	0	59
Московский район	472	85	0	557
Невский район	7	391	0	398
Невский район (левый берег)	86	115	0	201
Павловск	38	0	0	38
Петроградская сторона	7	143	0	150
Петродворцовый район	139	0	0	139
Пушкин	185	0	0	185
Фрунзенский район	254	286	0	540
Центральный район	3	504	0	507
Шушары	18	0	0	18
Кировский район	0	538	0	538
Красносельский район	0	233	0	233
Васкелово	0	0	10	10
Всеволожск	0	0	61	61
Выборг	0	0	232	232
Выборгский район	0	0	486	486
Зеленогорск	0	0	47	47
Калининский район	0	0	426	426
Красногвардейский район	0	0	383	383
Кронштадт	0	0	76	76
Кузьмолово	0	0	28	28
Ольгино	0	0	7	7
Первомайское	0	0	25	25
Песочное	0	0	14	14
Приморск	0	0	4	4
Приморский район	0	0	565	565
Приозерск	0	0	14	14
Репино	0	0	8	8
Роцино	0	0	19	19
Сертолово	0	0	36	36
Сестрорецк	0	0	81	81
Советский	0	0	14	14
Солнечное	0	0	1	1
Сосново	0	0	8	8
Токсово	0	0	17	17
Пропускная способность j -го склада	1782	2820	2562	7164

Для доставки своей продукции потребителям ОАО «МОЛОКО» использует арендованный подвижной состав, стоимость аренды зависит от сектора развозки и от грузоподъемности подвижного состава. Поскольку перевозки мелкопартийные, то используется малотоннажный подвижной состав, в основном автомобили ГАЗ-3302 «Газель», грузоподъемностью 1,5 тонны. Тарифы, которые используются при расчете перевозчиками за доставку товара, представлены в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Тарифы за доставку грузов автомобильным транспортом, руб.

Регион	Распределительные центры		
	Сервис	Центр	Север
1	2	3	4
Адмиралтейский район	780	780	880
Васильевский остров	780	780	880
Колпино	930	10000	10000
Красное село	1050	10000	10000
Ломоносов	1230	10000	10000
Металлострой	950	10000	10000
Московский район	780	780	880
Невский район	780	780	880
Невский район (левый берег)	780	780	880
Павловск	1100	10000	10000
Петроградская сторона	780	780	880
Петродворцовый район	1230	10000	10000
Пушкин	930	10000	10000
Фрунзенский район	780	890	990
Центральный район	780	780	880
Шушары	930	10000	10000
Кировский район	780	780	880
Красносельский район	10000	1050	10000
Васкелово	10000	10000	1320
Всеволожск	10000	10000	1320
Выборг	10000	10000	2400
Выборгский район	10000	10000	2400
Зеленогорск	10000	10000	1250
Калининский район	880	880	780
Красногвардейский район	940	940	840
Кронштадт	10000	10000	1220
Кузьмолово	10000	10000	1100
Ольгино	10000	10000	840
Первомайское	10000	10000	1250
Песочное	10000	10000	1100
Приморск	10000	10000	2400
Приморский район	940	940	840
Приозерск	10000	10000	2900

Окончание таблицы 6.10.

1	2	3	4
Репино	10000	10000	1250
Рощино	10000	10000	1250
Сертолово	10000	10000	1250
Сестрорецк	10000	10000	1110
Советский	10000	10000	2400
Солнечное	10000	10000	1250
Сосново	10000	10000	1600
Токсово	10000	10000	1320

Примечание. Выделенные темным фоном ячейки означают, что в данный сектор не допускается осуществлять доставку из данного терминала. Необходимо оценить целесообразность аренды дополнительных складских площадей. Рассмотренная выше математическая модель данной задачи требует конкретизации.

Модель 6.1. Транспортно-складская модель для компании ОАО «МОЛОКО».

$$\sum_{i=1}^{41} \sum_{j=1}^3 c_{i,j} x_{i,j} + \sum_{j=1}^3 R_j y_j \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{1,1} + x_{2,1} + \dots + x_{41,1} \leq 1782 \\ x_{1,2} + x_{2,2} + \dots + x_{41,2} \leq 7164 \\ x_{1,3} + x_{2,3} + \dots + x_{41,3} \leq 2562 \\ x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} \leq 294 \\ x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} \leq 243 \\ \dots \\ x_{41,1} + x_{41,2} + x_{41,3} \leq 17 \\ x_{i,j} \geq 0 \\ x_{i,j} \in N \cup \{0\}, i = 1, \dots, 41, j = 1, 2, 3 \\ y_j \in \{0, 1\}, j = 1, 2, 3 \end{array} \right.$$

Первые три неравенства в (4.3) – это ограничения по пропускной способности терминалов «Сервис», «Центр» и «Север» соответственно. Далее идут ограничения по спросу в соответствующих регионах. Равенство здесь означает, что спрос потребителей в каждом регионе должен быть полностью удовлетворен. Смысл последних трех ограничений очевиден и соответствует аналогичным ограничениям в (4.1).

Табличная модель сформулированной выше задачи представлена на рисунке 6.7.

	A	B	C	D
1	Сценарий "центр"			
2	Стоимость доставки, руб.			
3	Регион	Распределительные центры		
4		Сервис	Центр	Север
5	Адмиралтейский район	780	780	880
6	Васильевский остров	780	780	880
7	Колпино	930	10000	10000
8	Красное село	1050	10000	10000
9	Ломоносов	1230	10000	10000
10	Металлострой	950	10000	10000
11	Московский район	780	780	880
12	Невский район	780	780	880
13	Невский район (левый берег)	780	780	880
14	Павловск	1100	10000	10000
15	Петроградская сторона	780	780	880
16	Петродворцовый район	1230	10000	10000
17	Пушкин	930	10000	10000
18	Фрунзенский район	780	890	990
19	Центральный район	780	780	880
20	Шушары	930	10000	10000
21	Кировский район	780	780	880
22	Красносельский район	10000	1050	10000
23	Васкелово	10000	10000	1320
24	Всеволожск	10000	10000	1320
25	Выборг	10000	10000	2400
26	Выборгский район	10000	10000	2400
27	Зеленогорск	10000	10000	1250
28	Калининский район	880	880	780
29	Красногвардейский район	940	940	840
30	Кронштадт	10000	10000	1220
31	Кузьмолово	10000	10000	1100
32	Ольгино	10000	10000	840
33	Первомайское	10000	10000	1250
34	Песочное	10000	10000	1100
35	Приморск	10000	10000	2400
36	Приморский район	940	940	840
37	Приозерск	10000	10000	2900
38	Репино	10000	10000	1250
39	Роцино	10000	10000	1250
40	Сертолово	10000	10000	1250
41	Сестрорецк	10000	10000	1110
42	Советский	10000	10000	2400
43	Солнечное	10000	10000	1250
44	Сосново	10000	10000	1600
45	Токсово	10000	10000	1320
46				
47	Исходные данные для распределительных центров			
48	Показатели	Значение		
49		Сервис	Центр	Север
50	Ежемесячные постоянные затраты, руб.	813	1548	741
51	Затраты на отправку одного автомобиля, руб.	550	550	550
52	Ежемесячная пропускная способность (грузовые отправки),	1782	7164	2562
53	Выбор	0	1	0

Рисунок 6.7 – Табличная модель транспортно-складской задачи для компании ОАО «МОЛОКО» (начало)

	A	B	C	D	E	F
55	Таблица-план оптимального закрепления					
56	Потребители	Поставщики			Сумма	Спрос
57		Сервис	Центр	Север		
58		Предложение				
59		=B52*B53	=C52*C53	=D52*D53		
60	Адмиралтейский район				=СУММ(B60:D60)	294
61	Васильевский остров				=СУММ(B61:D61)	243
62	Колпино				=СУММ(B62:D62)	314
63	Красное село				=СУММ(B63:D63)	117
64	Ломоносов				=СУММ(B64:D64)	71
65	Металлострой				=СУММ(B65:D65)	59
66	Московский район				=СУММ(B66:D66)	557
67	Невский район				=СУММ(B67:D67)	398
68	Невский район (левый берег)				=СУММ(B68:D68)	201
69	Павловск				=СУММ(B69:D69)	38
70	Петроградская сторона				=СУММ(B70:D70)	150
71	Петродворцовый район				=СУММ(B71:D71)	139
72	Пушкин				=СУММ(B72:D72)	185
73	Фрунзенский район				=СУММ(B73:D73)	540
74	Центральный район				=СУММ(B74:D74)	507
75	Шушары				=СУММ(B75:D75)	18
76	Кировский район				=СУММ(B76:D76)	538
77	Красносельский район				=СУММ(B77:D77)	233
78	Васкелово				=СУММ(B78:D78)	10
79	Всеволожск				=СУММ(B79:D79)	61
80	Выборг				=СУММ(B80:D80)	232
81	Выборгский район				=СУММ(B81:D81)	486
82	Зеленогорск				=СУММ(B82:D82)	47
83	Калининский район				=СУММ(B83:D83)	426
84	Красногвардейский район				=СУММ(B84:D84)	383
85	Кронштадт				=СУММ(B85:D85)	76
86	Кузьмолово				=СУММ(B86:D86)	28
87	Ольгино				=СУММ(B87:D87)	7
88	Первомайское				=СУММ(B88:D88)	25
89	Песочное				=СУММ(B89:D89)	14
90	Приморск				=СУММ(B90:D90)	4
91	Приморский район				=СУММ(B91:D91)	565
92	Приозерск				=СУММ(B92:D92)	14
93	Репино				=СУММ(B93:D93)	8
94	Роцино				=СУММ(B94:D94)	19
95	Сертолово				=СУММ(B95:D95)	36
96	Сестрорецк				=СУММ(B96:D96)	81
97	Советский				=СУММ(B97:D97)	14
98	Солнечное				=СУММ(B98:D98)	1
99	Сосново				=СУММ(B99:D99)	8
100	Токсово				=СУММ(B100:D100)	17
101	Сумма	=СУММ(B60:B100)	=СУММ(C60:C100)	=СУММ(D60:D100)	=СУММ(E60:E100)	=СУММ(F60:F100)
102	Транспортные затраты, руб.	=СУММПРОИЗВ(B5:B100;B45;B60:B100)		=СУММПРОИЗВ(D5:D100;B45;B60:B100)		

	A	B	C	D
103				
104	Мощность и затраты распределительных центров			
105	Показатели	Значения		
106		Сервис	Центр	Север
107	Поток (грузовые отправки), ед.	=B101	=C101	=D101
108	Ежемесячная пропускная способность(грузовые отправки), ед.	=B59	=C59	=D59
109	Общие издержки распределительного центра, руб.	=B50*B53+B51*B101	=C50*C53+C51*C101	=D50*D53+D51*D101
110				
111	Общие издержки обращения, р	=СУММ(B102:D102;B109:D109)		

Рисунок 6.7 – Табличная модель транспортно-складской задачи для компании ОАО «МОЛОКО» (окончание)

Здесь для представления исходных данных и результатов решения задачи на рабочем листе созданы четыре таблицы:

1) стоимость доставки, руб., содержащая данные о стоимости перевозок единицы товара $c_{i,j}$, от i -го поставщика к j -му потребителю (т.е. стоимость одного рейса грузового автомобиля);

2) исходные данные для распределительных центров, содержащая информацию о ежемесячных постоянных затратах, переменных затратах на отправку одного автомобиля, пропускной способности терминалов и строку *Выбор*, куда помещаются значения переменной y_j ;

3) таблица-план оптимального закрепления, содержащая информацию об ограничениях по спросу, вычисленных значениях переменной $x_{i,j}$ в строку которой *Транспортные затраты, тыс. руб.*, заносится результат вычисления величины транспортных затрат для соответствующего терминала;

4) мощность и затраты распределительных центров, содержащая результаты вычисления величины потоков (т.е. грузовых отправок) и общих издержек распределительных центров. Отдельной строкой представлены *Общие издержки обращения, тыс. руб.*, куда заносится соответствующее значение после оптимизации модели.

Таким образом, очевидно, что представленная модель относится к группе интегрированных моделей цепей поставок и содержит две подмодели: транспортную модель и складскую модель или модель выбора варианта размещения склада. Для оптимизации данной модели в окно «Поиск решения» должны быть внесены параметры оптимизации так, как это представлено на рисунке 6.8.

Ввиду того что переменные y_j являются булевыми переменными, а переменные $x_{i,j}$ – целочисленными, данная задача является задачей частично целочисленного программирования со всеми вытекающими отсюда трудностями её оптимизации. Избежать вычислительных проблем, связанных с оптимизацией данной модели, можно использованием сценариев при решении оптимизационных задач.

Сценарий Excel – инструмент, позволяющий моделировать различные физические, экономические, математические и другие задачи. Он представляет собой зафиксированный в памяти компьютера набор значений ячеек рабочего листа. Используя сценарии, можно сохранить в памяти компьютера несколько наборов исходных данных так, чтобы их можно было быстро загрузить (и получить результат, соответствующий этому набору исходных данных). Создав сценарий, пользователь получает возможность узнать, что произойдет с результатом, если поменять исходные значения в некоторых ячейках листа. Кроме того, в случае необходимости, всегда можно вернуться к одному из вариантов, рассмотренных ранее [28, с. 108–109].

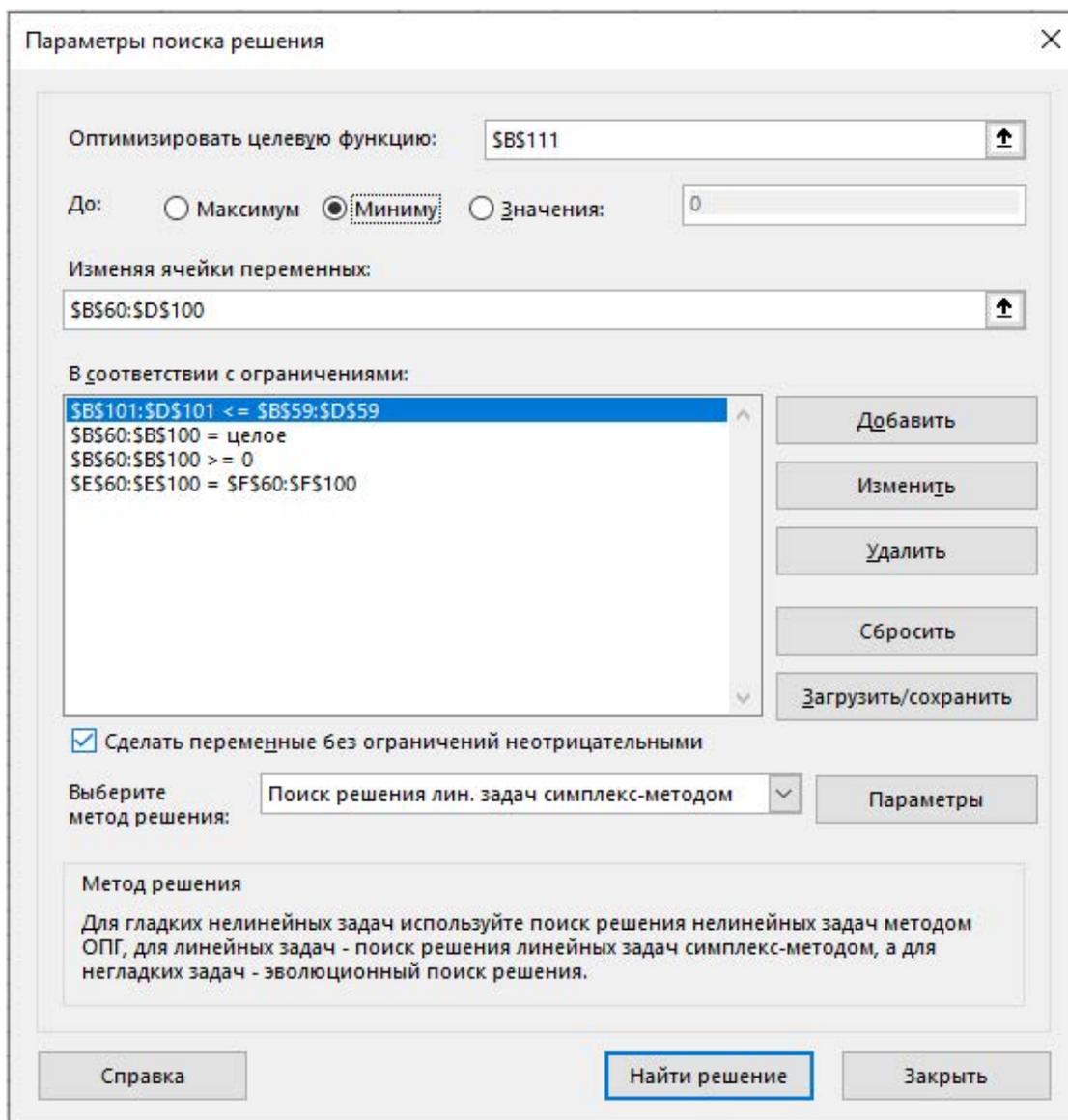


Рисунок 6.8 – Окно «Поиск решения» с введенными ограничениями

Сценарий можно создать при помощи средства «Диспетчер сценариев», нажав на кнопку «Анализ что если» на вкладке «Данные». При этом в предъявленном диалоговом окне необходимо внести имя сценария, задать значения ячеек сценария и нажать кнопку ОК (рисунки 6.9 – 6.11).

Создадим сценарий для транспортно-складской модели компаний ОАО «МОЛОКО». Очевидно, что в рамках данной модели возможно четыре сценария:

1) сценарий «Центр» – обслуживание всех клиентов компании только с центрального склада (см. рисунок 6.12);

2) сценарий «Центр + Сервис» – обслуживание всех клиентов компании с терминалов «Центр» и «Сервис» (см. рисунок 6.13);

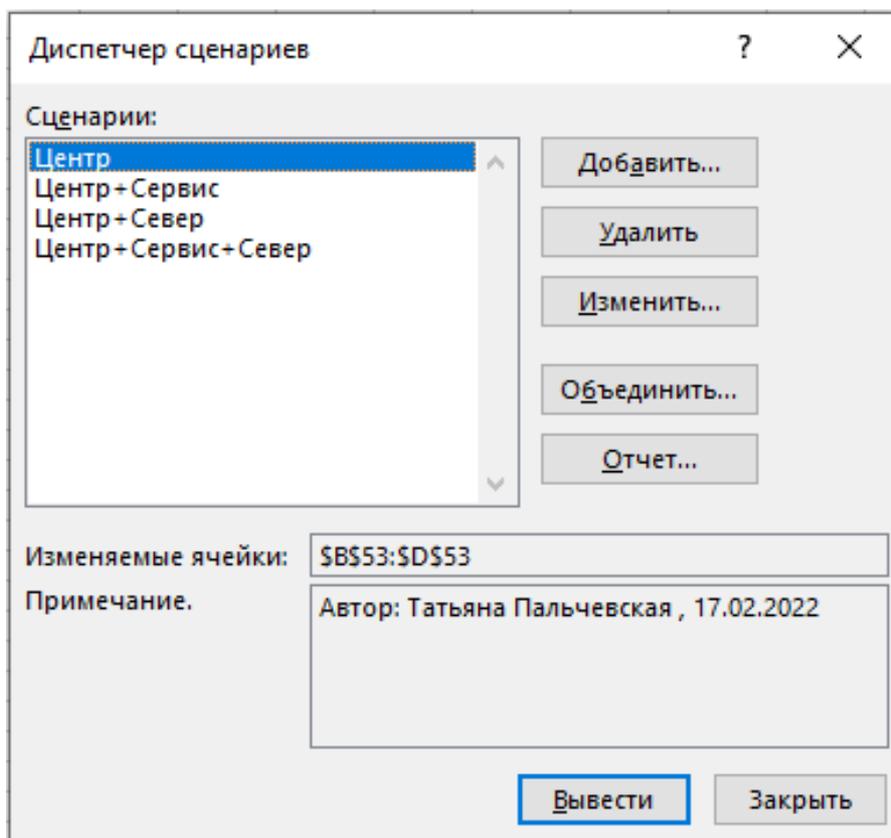


Рисунок 6.9 – Диалоговое окно «Диспетчер сценариев»

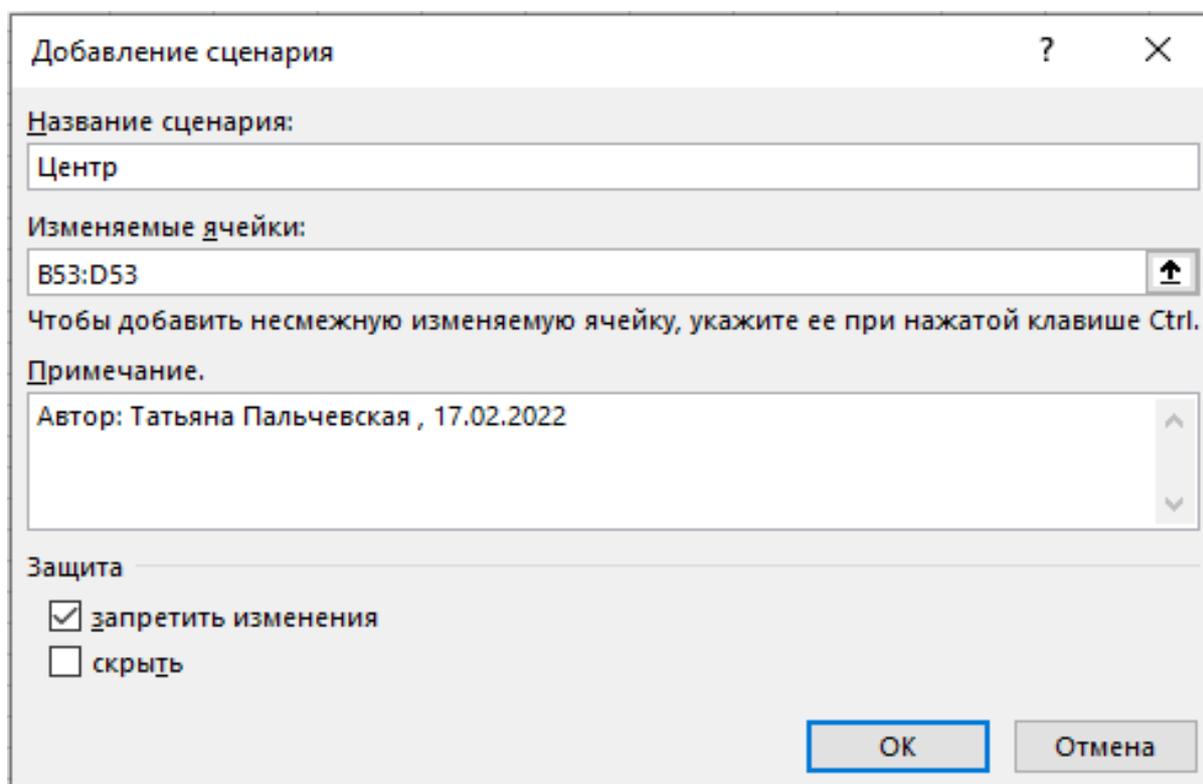


Рисунок 6.10 – Диалоговое окно «Добавление сценария»

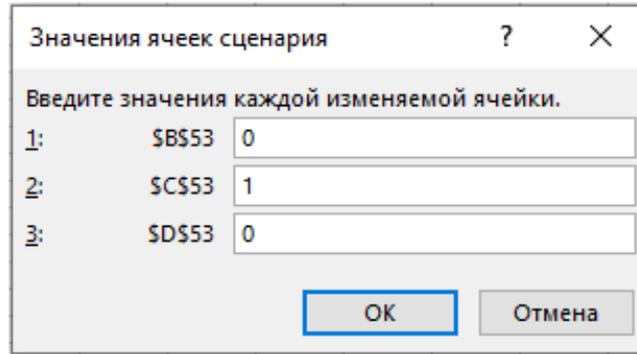


Рисунок 6.11 – Диалоговое окно «Значение ячеек сценария»

3) Сценарий «Центр + Север» – обслуживание всех клиентов компании из терминалов «Центр» и «Север» (см. рисунок 6.14).

4) Сценарий «Центр + Сервис + Север» – использование всех трех складов для обслуживания клиентов (см. рисунок 6.15).

В первом случае переменные u принимают значение $\{0;1;0\}$, во втором случае – $\{1;1;0\}$, в третьем – $\{0;1;1\}$, в четвертом – $\{1;1;1\}$. Результаты решения данной задачи представлены на рисунках 6.13 – 6.15.

Проанализируем полученные решения, составив сводную таблицу результатов (таблица 6.11).

Таблица 6.11 – Сводная таблица результатов решения

Сценарий поиска решения	Ежемесячные затраты, тыс. руб.			Увеличение в сравнении с лучшим вариантом, %
	складские	транспортные	общие	
«Центр»	3942	25534	29476	161,06
«Центр+Сервис»	3943	17024	20967	85,70
«Центр+Север»	3943	15857	19800	75,36
«Центр+Сервис+Север»	3943	7348	11291	-

Анализ полученного решения показывает, что минимум транспортно-складских затрат имеет место при обслуживании клиентов компании со всех складов – «Центр», «Сервис» и «Север». В этом случае общие издержки обращения составит 11 290 870 руб. Использование сценария «Центр + Сервис» даёт стоимость решения, равную 20 966 859 руб., сценария «Центр + Север» – 19 799 647 руб., сценария «Центр» – 29 475 636 руб. В данном случае оптимальное решение заключается в аренде дополнительных складских площадей. При формировании данной модели не учитывалось ограничение по пропускной способности для терминала «Центр». При учёте данного и других возможных ограничений может быть получено иное оптимальное решение.

	A	B	C	D	E	F
55	Таблица-план оптимального закрепления					
56	Потребители	Поставщики			Сумма	Спрос
57		Сервис	Центр	Север		
58		Предложение				
59		0	7164	0		
60	Адмиралтейский район	0	294	0	294	294
61	Васильевский остров	0	243	0	243	243
62	Колпино	0	314	0	314	314
63	Красное село	0	117	0	117	117
64	Ломоносов	0	71	0	71	71
65	Металлострой	0	59	0	59	59
66	Московский район	0	557	0	557	557
67	Невский район	0	398	0	398	398
68	Невский район (левый берег)	0	201	0	201	201
69	Павловск	0	38	0	38	38
70	Петроградская сторона	0	150	0	150	150
71	Петродворцовый район	0	139	0	139	139
72	Пушкин	0	185	0	185	185
73	Фрунзенский район	0	540	0	540	540
74	Центральный район	0	507	0	507	507
75	Шушары	0	18	0	18	18
76	Кировский район	0	538	0	538	538
77	Красносельский район	0	233	0	233	233
78	Васкелово	0	10	0	10	10
79	Всеволожск	0	61	0	61	61
80	Выборг	0	232	0	232	232
81	Выборгский район	0	486	0	486	486
82	Зеленогорск	0	47	0	47	47
83	Калининский район	0	426	0	426	426
84	Красногвардейский район	0	383	0	383	383
85	Кронштадт	0	76	0	76	76
86	Кузьмолowo	0	28	0	28	28
87	Ольгино	0	7	0	7	7
88	Первомайское	0	25	0	25	25
89	Песочное	0	14	0	14	14
90	Приморск	0	4	0	4	4
91	Приморский район	0	565	0	565	565
92	Приозерск	0	14	0	14	14
93	Репино	0	8	0	8	8
94	Роцино	0	19	0	19	19
95	Сертолово	0	36	0	36	36
96	Сестрорецк	0	81	0	81	81
97	Советский	0	14	0	14	14
98	Солнечное	0	1	0	1	1
99	Сосново	0	8	0	8	8
100	Токсово	0	17	0	17	17
101	Сумма	0	7164	0	7164	7164
102	Транспортные затраты, руб.	0	25533890	0	25533890	
103						
104	Мощность и затраты распределительных центров					
105	Показатели	Значения				
106		Сервис	Центр	Север		
107	Поток (грузовые отправки), ед.	0	7164	0		
108	Ежемесячная пропускная способность	0	7164	0		
109	Общие издержки распределительного	0	3941746	0		
110						
111	Общие издержки обращения, руб.	29475636				

Рисунок 6.12 – Результаты поиска решения по сценарию «Центр»

	A	B	C	D	E	F
55	Таблица-план оптимального закрепления					
56	Потребители	Поставщики			Сумма	Спрос
57		Сервис	Центр	Север		
58		Предложение				
59		1782	7164	0		
60	Адмиралтейский район	0	294	0	294	294
61	Васильевский остров	0	243	0	243	243
62	Колпино	314	0	0	314	314
63	Красное село	117	0	0	117	117
64	Ломоносов	71	0	0	71	71
65	Металлострой	59	0	0	59	59
66	Московский район	0	557	0	557	557
67	Невский район	0	398	0	398	398
68	Невский район (левый берег)	0	201	0	201	201
69	Павловск	38	0	0	38	38
70	Петроградская сторона	0	150	0	150	150
71	Петродворцовый район	139	0	0	139	139
72	Пушкин	185	0	0	185	185
73	Фрунзенский район	540	0	0	540	540
74	Центральный район	0	507	0	507	507
75	Шушары	18	0	0	18	18
76	Кировский район	0	538	0	538	538
77	Красносельский район	0	233	0	233	233
78	Васкелово	0	10	0	10	10
79	Всеволожск	0	61	0	61	61
80	Выборг	0	232	0	232	232
81	Выборгский район	0	486	0	486	486
82	Зеленогорск	0	47	0	47	47
83	Калининский район	0	426	0	426	426
84	Красногвардейский район	190	193	0	383	383
85	Кронштадт	76	0	0	76	76
86	Кузьмолowo	28	0	0	28	28
87	Ольгино	7	0	0	7	7
88	Первомайское	0	25	0	25	25
89	Песочное	0	14	0	14	14
90	Приморск	0	4	0	4	4
91	Приморский район	0	565	0	565	565
92	Приозерск	0	14	0	14	14
93	Релино	0	8	0	8	8
94	Роцино	0	19	0	19	19
95	Сертолово	0	36	0	36	36
96	Сестрорецк	0	81	0	81	81
97	Советский	0	14	0	14	14
98	Солнечное	0	1	0	1	1
99	Сосново	0	8	0	8	8
100	Токсово	0	17	0	17	17
101	Сумма	1782	5382	0	7164	7164
102	Транспортные затраты, руб.	2669610	14354690	0	17024300	
103						
104	Мощность и затраты распределительных центров					
105	Показатели	Значения				
106		Сервис	Центр	Север		
107	Поток (грузовые отправки), ед.	1782	5382	0		
108	Ежемесячная пропускная способность	1782	7164	0		
109	Общие издержки распределительного	980913	2961646	0		
110						
111	Общие издержки обращения, руб.	20966859				

Рисунок 6.13 – Результаты поиска решения по сценарию «Центр + Сервис»

	A	B	C	D	E	F
55	Таблица-план оптимального закрепления					
56	Потребители	Поставщики			Сумма	Спрос
57		Сервис	Центр	Север		
58		Предложение				
59		0	7164	2562		
60	Адмиралтейский район	0	294	0	294	294
61	Васильевский остров	0	243	0	243	243
62	Колпино	0	314	0	314	314
63	Красное село	0	117	0	117	117
64	Ломоносов	0	71	0	71	71
65	Металлострой	0	59	0	59	59
66	Московский район	0	557	0	557	557
67	Невский район	0	398	0	398	398
68	Невский район (левый берег)	0	201	0	201	201
69	Павловск	0	38	0	38	38
70	Петроградская сторона	0	150	0	150	150
71	Петродворцовый район	0	139	0	139	139
72	Пушкин	0	185	0	185	185
73	Фрунзенский район	0	540	0	540	540
74	Центральный район	0	507	0	507	507
75	Шушары	0	18	0	18	18
76	Кировский район	0	538	0	538	538
77	Красносельский район	0	233	0	233	233
78	Васкелово	0	0	10	10	10
79	Всеволожск	0	0	61	61	61
80	Выборг	0	0	232	232	232
81	Выборгский район	0	0	486	486	486
82	Зеленогорск	0	0	47	47	47
83	Калининский район	0	0	426	426	426
84	Красногвардейский район	0	0	383	383	383
85	Кронштадт	0	0	76	76	76
86	Кузьмолowo	0	0	28	28	28
87	Ольгино	0	0	7	7	7
88	Первомайское	0	0	25	25	25
89	Песочное	0	0	14	14	14
90	Приморск	0	0	4	4	4
91	Приморский район	0	0	565	565	565
92	Приозерск	0	0	14	14	14
93	Релино	0	0	8	8	8
94	Роцино	0	0	19	19	19
95	Сертолово	0	0	36	36	36
96	Сестрорецк	0	0	81	81	81
97	Советский	0	0	14	14	14
98	Солнечное	0	0	1	1	1
99	Сосново	0	0	8	8	8
100	Токсовo	0	0	17	17	17
101	Сумма	0	4602	2562	7164	7164
102	Транспортные затраты, руб.	0	12387890	3469270	15857160	
103						
104	Мощность и затраты распределительных центров					
105	Показатели	Значения				
106		Сервис	Центр	Север		
107	Поток (грузовые отправки), ед.	0	4602	2562		
108	Ежемесячная пропускная способность	0	7164	2562		
109	Общие издержки распределительного	0	2532846	1409841		
110						
111	Общие издержки обращения, руб.	19799647				

Рисунок 6.14 – Результаты поиска решения по сценарию «Центр + Север»

	A	B	C	D	E	F
55	Таблица-план оптимального закрепления					
56	Потребители	Поставщики			Сумма	Спрос
57		Сервис	Центр	Север		
58		Предложение				
59		1782	7164	2562		
60	Адмиралтейский район	0	294	0	294	294
61	Васильевский остров	0	243	0	243	243
62	Колпино	314	0	0	314	314
63	Красное село	117	0	0	117	117
64	Ломоносов	71	0	0	71	71
65	Металлострой	59	0	0	59	59
66	Московский район	0	557	0	557	557
67	Невский район	0	398	0	398	398
68	Невский район (левый берег)	0	201	0	201	201
69	Павловск	38	0	0	38	38
70	Петроградская сторона	0	150	0	150	150
71	Петродворцовый район	139	0	0	139	139
72	Пушкин	185	0	0	185	185
73	Фрунзенский район	540	0	0	540	540
74	Центральный район	0	507	0	507	507
75	Шушары	18	0	0	18	18
76	Кировский район	0	538	0	538	538
77	Красносельский район	0	233	0	233	233
78	Васкелово	0	0	10	10	10
79	Всеволожск	0	0	61	61	61
80	Выборг	0	0	232	232	232
81	Выборгский район	0	0	486	486	486
82	Зеленогорск	0	0	47	47	47
83	Калининский район	0	0	426	426	426
84	Красногвардейский район	0	0	383	383	383
85	Кронштадт	0	0	76	76	76
86	Кузьмолowo	0	0	28	28	28
87	Ольгино	0	0	7	7	7
88	Первомайское	0	0	25	25	25
89	Песочное	0	0	14	14	14
90	Приморск	0	0	4	4	4
91	Приморский район	0	0	565	565	565
92	Приозерск	0	0	14	14	14
93	Репино	0	0	8	8	8
94	Роцино	0	0	19	19	19
95	Сертолово	0	0	36	36	36
96	Сестрорецк	0	0	81	81	81
97	Советский	0	0	14	14	14
98	Солнечное	0	0	1	1	1
99	Сосново	0	0	8	8	8
100	Токсово	0	0	17	17	17
101	Сумма	1481	3121	2562	7164	7164
102	Транспортные затраты, руб.	1381010	2497290	3469270	7347570	
103						
104	Мощность и затраты распределительных центров					
105	Показатели	Значения				
106		Сервис	Центр	Север		
107	Поток (грузовые отправки), ед.	1481	3121	2562		
108	Ежемесячная пропускная способность	1782	7164	2562		
109	Общие издержки распределительного	815383	1718098	1409841		
110						
111	Общие издержки обращения, руб.	11290870				

Рисунок 6.15 – Результаты поиска решения по сценарию «Центр + Сервис +Север»

6.4 Использование методик SCOR-, DCOR- и CCOR для построения интегрированной модели цепи поставок

В 1996 г. международной организацией Совет по цепям поставок (The Supply Chain Council – SCC) была разработана SCOR-модель (Supply Chain Operation Reference model, Референтная модель операций в цепях поставок), являющаяся инструментом для оценки и сравнения деятельности и эффективности цепочки поставок. SCOR-модель регулярно обновляется, чтобы адаптироваться к изменениям в деловой практике цепочки поставок.

В результате слияния в 2014 г. Совета по цепям поставок и Ассоциации операционного менеджмента (The Association for Operations Management – APICS), были разработаны так называемые рамочные программы APICS (APICS Frameworks), представляющие собой набор моделей, описывающих важнейшие элементы цепочки создания стоимости.

Ключевыми направлениями рамочных программ APICS являются:

1. *Референтная модель операций жизненного цикла продукта – Product Life Cycle Operations Reference model (PLCOR)*. Управляет деятельностью по инновациям продуктов и управлению продуктами и портфелями.

Ключевые бизнес-процессы: планировать, создавать идеи, разрабатывать, запускать, пересматривать, обеспечивать.

2. *Референтная модель операций с цепочками потребителей – Customer Chain Operations Reference model (CCOR)*. Управляет процессом взаимодействия с клиентами.

Ключевые бизнес-процессы: планировать, устанавливать связи, продавать, заключать контракты, содействовать.

3. *Референтная модель операций в цепях проектирования – Design Chain Operations Reference model (DCOR)*. Управляет процессом разработки продуктов и услуг.

Ключевые бизнес-процессы: планировать, исследовать, проектировать, интегрировать, совершенствовать.

4. *Референтная модель операций в цепях поставок – Supply Chain Operations Reference model (SCOR)*. Управляет деятельностью организаций, связанной со всеми этапами удовлетворения спроса клиента.

Ключевые бизнес-процессы: планировать, снабжать, делать, доставлять, возвращать, обеспечивать.

5. *Управление для эффективности цепи поставок – Managing for Supply Chain Performance (M4SC)*. Процесс, который преобразует бизнес-стратегии в планы и политику функционирования цепочки поставок.

Ключевые бизнес-процессы: согласовать стратегии, сети, процессы, ресурсы [33].

На рисунке 6.16 представлены процессы первого уровня и их взаимосвязь в рамочных программах APICS.

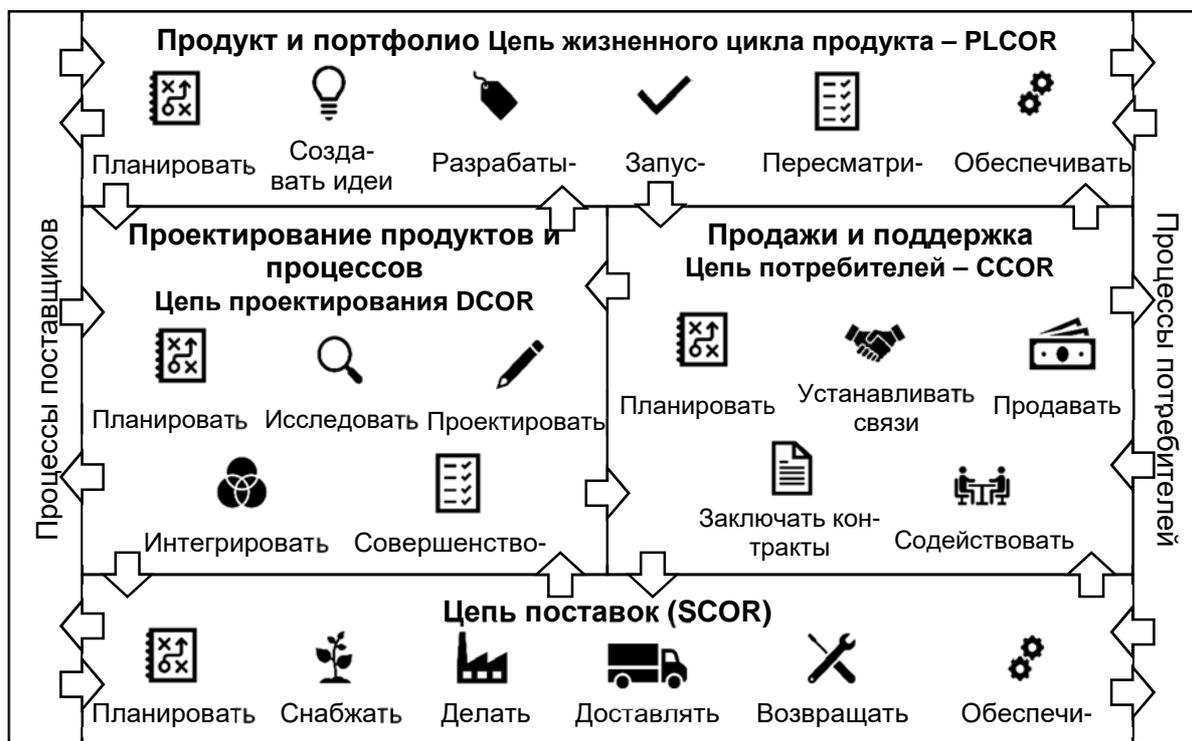


Рисунок 6.16 – Процессы первого уровня APICS Frameworks

Источник: [33].

Для описания взаимоотношений между участниками цепи поставок используется SCOR-модель. *SCOR-модель (Supply Chain Operations Reference model, Референтная модель операций в цепях поставок)* основывается на стандартном описании процессов управления цепями поставок и правилах приведения к стандартным характеристикам и функциям, а также стандартизации взаимоотношений между бизнес-процессами. В моделях определены типовые бизнес-процессы, горизонтальные и вертикальные связи и бизнес-правила, действующие в различных областях. Помимо этого, в основе применения SCOR-модели лежит использование практик управления цепями поставок, которые помогают достичь лучших результатов, и стандартных метрик, которые позволяют измерить и сравнить показатели эффективности процессов. Одним из ключевых моментов модели является графическое представление типологии цепи поставок, что позволяет иметь наглядный образец сложной сетевой структуры бизнеса компании.

Цели построения SCOR-модели:

- с помощью SCOR-модели создаются единые, сравнимые и приспособленные для оценки процессы внутри цепи поставок;

– использование SCOR-модели позволяет оценить процесс прохождения материального потока по цепи поставок комплексно;

– SCOR-модель является эффективным инструментом диагностики цепи поставок, позволяет выявить все «узкие места» и наглядно показать возможные альтернативные варианты построения логистической системы компании [34, с. 46].

В общем случае в SCOR-модели участники цепи поставок выполняют шесть базисных бизнес-процессов, представленных в таблице 6.12.

Таблица 6.12 – Характеристика ключевых бизнес-процессов SCOR-модели

Бизнес-процессы SCOR-модели	Характеристика ключевых бизнес-процессов
1	2
Plan (планировать)	В рамках процесса определяются источники поставок, производится расстановка приоритетов в потребительском спросе, планируются запасы, определяются требования к системе дистрибьюции, а также объемы производства, поставок сырья, материалов и готовой продукции. Решается задача «Make or Buy» — производить самостоятельно или покупать. Также на этой стадии принимаются решения, относящиеся ко всем видам планирования ресурсов, мощности, и относящиеся к управлению жизненным циклом товара
Source (снабжать)	На этом этапе определяются ключевые элементы управления снабжением. Определяются различные процедуры, такие как оценка и выбор поставщиков, проверка качества поставок, заключение контрактов с поставщиками. С этим процессом связаны все процедуры, относящиеся к получению материалов: приобретение, транспортировка, входной контроль, постановка на хранение и т.д.
Make (делать)	К процессу относятся производство, выполнение и управление структурными элементами «make». Здесь определяются специфические процедуры: производственные технологии, контроль качества, упаковка, хранение и выпуск продукции (внутрипроизводственная логистика). К структурным элементам процесса «make» относятся конструктивные и технологические изменения, управление производственными мощностями (оборудованием, зданиями и т.п.), производственные циклы, качество производства, график производственных смен и т.д.
Deliver (доставлять)	Процесс состоит из управления заказами, складом и транспортировкой. Управление заказами включает создание и регистрацию заказов, формирование стоимости, выбор конфигурации товара. Создание и ведение клиентской базы, базы данных по товарам и ценам, управление дебиторами и кредиторами. Также сюда входят такие складские операции, как подборка и комплектация, упаковка, создание специальной упаковки/ярлыка для клиента и отгрузка товаров. Управление транспортировкой и доставкой определяется правилами управления каналами, заказами, управлением товарами для доставки и качеством доставки

Окончание таблицы 6.12.

1	2
Return (возвращать)	В рамках этого процесса дифференцируются структурные элементы возвратов (дефектных, излишних, требующих ремонта) как от «take» к «source», так и от «deliver». Здесь же определяется состояние и размещение продукта, запрос на авторизацию возврата, составление графика возвратов, направление на уничтожение или переработку
Enable (обеспечивать)	Данные процессы описывают действия, связанные с управлением цепочкой поставок. К ним относятся: управление бизнес-правилами, управление производительностью, управление данными, управление ресурсами, управление объектами, управление контрактами, управление сетью цепочки поставок, управление соблюдением нормативных требований, управление рисками и закупки в цепи поставок

Источник: разработано на основе [35, с. 64–65; 36].

Как только бизнес-процесс описан в стандартных терминах SCOR-модели, он может быть однозначно идентифицирован. Все элементарные операции и их последовательности становятся измеряемыми, управляемыми и контролируруемыми. Таким образом, достигается возможность перенастройки процессов на достижение конкурентного преимущества или их гибкого изменения в соответствии с конкурентными задачами.

Для оценки эффективности ключевых бизнес-процессов в SCOR-модели разработана система метрик, основанная на так называемой «пирамиде из четырех уровней», в основе которой лежит принцип иерархичности: метрики верхнего уровня агрегируют измерения нижних уровней.

Метрики первого уровня (интегрированное планирование) определяют рамки и содержимое предпочтительной модели, позволяют оценить успешность достижений конкурентных преимуществ в приоритетных направлениях. Метрики первого уровня являются измерителями верхнего порядка, они не соотносимы к конкретному SCOR-процессу, а применяются ко всей конфигурации цепи поставок.

Метрики второго и третьего уровней (анализ решений и управленческий контроль) определяются в соотнесении с конкретными процессными категориями и элементами соответствующих уровней модели. Метрики четвертого уровня (система обслуживания сделок) определяют процедуры внедрения усовершенствований цепи поставок компании.

Система метрик дает возможность количественно оценить все элементарные операционные процессы, имеющие место в цепи поставок. Метрики представляют собой средство анализа и коммуникации в процессе принятия решений, а также устанавливают эталонные значения целевых операционных показателей результативности. Таким образом, SCOR модель позволяет оценивать эффективность бизнес-процессов в динамике.

Все метрики в SCOR-модели разделены на пять групп: надежность, быстрота реакции, гибкость, затраты, эффективность управления активами (активы). Подробнее данные показатели рассмотрены в седьмой главе. Применение SCOR-модели позволяет предприятиям начать разработку собственных моделей на основе уже готового набора функций и процессов, так как она объединяет в единую кросс-функциональную структуру наиболее известные и удачно зарекомендовавшие себя концепции реинжиниринга бизнес-процессов, бенчмаркинга и лучших практик [34, с. 48–49]. Однако стоит отметить, что в SCOR-модель не входят процессы, связанные с разработкой нового продукта и управлением взаимоотношениями с потребителями. Для этих целей были созданы DCOR- и CCOR-модели, соответственно.

DCOR-модель (Design Chain Operations Reference model, Референтная модель операций в цепях проектирования) была разработана для описания деятельности организации, связанной со всеми этапами удовлетворения спроса клиента на продукт. Как и SCOR-модель, DCOR-модель основана на выделении пяти базисных бизнес-процессов: Plan (планирование), Research (исследование), Design (проектирование), Integrate (интеграция), Amend (совершенствование). Характеристика данных бизнес-процессов представлена в таблице 6.13.

Таблица 6.13 – Характеристика ключевых бизнес-процессов DCOR-модели

Бизнес-процессы DCOR-модели	Характеристика ключевых бизнес-процессов
Plan (планировать)	Идентификация и декомпозиция направлений исследования путем обработки информации, оценки и архивизации полученных исследовательских данных (идентификация источников исследований, сорсинга, утверждение стандартов (сертификация) материалов/продукции, соответствующих требованиям заказчика)
Research (исследовать)	Идентификация и декомпозиция направлений исследования путем обработки информации, оценки и архивизации полученных исследовательских данных (идентификация источников исследований, сорсинга, утверждение стандартов (сертификация) материалов/продукции, соответствующих требованиям заказчика)
Design (проектировать)	Процесс управления проектированием путем обновления, создания, анализа, тестирования и реализации формы продукта или обновлением существующего продукта на основе использования, тестирования, применения обслуживающих процессов и процессов размещения
Integrate (интегрировать)	Процесс управления интеграцией путем выпуска вариаций обновленного и нового продукта для цепи поставок, исполнения или выпуска проектной документации обновленного или нового продукта для маркетинговых или поддерживающих акций
Amend (совершенствовать)	Процесс управления совершенствованием на основе сбора и анализа результатов проектирования продукта путем организации и поддержания обратной связи о расширении возможности этого продукта.

Источник: [37].

Помимо пяти основных управленческих процессов, которые обуславливают организационную структуру DCOR-модели, необходимо отметить три типа процессов модели: 1) *planing* (планирование); 2) *execution* (исполнение); 3) *enable* (обеспечение). Процессные категории DCOR фокусируются на трех областях: 1) *Product Refresh* (обновление продукта); 2) *New Product* (новый продукт); 3) *New Technology* (новая технология). Эти три составные части (обновление продукта, новый продукт и новая технология) имеют свои особенности в разных отраслях промышленности [35, с. 68–69].

Так же, как и SCOR, DCOR-модель имеет три уровня детализации процессов. Метрики первого уровня DCOR соответствуют тем же пяти атрибутам производительности, как и в модели SCOR: надежность цепи, быстрота реакции, гибкость, затраты, активы. Данная модель охватывает разработку продуктов, исследования и разработки, но не пытается описать каждый бизнес, процесс или деятельность. В частности, модель не затрагивает продажи и маркетинг (формирование спроса) и некоторые элементы послепродажной поддержки клиентов [37]. Модель DCOR может быть использована как отдельно, так и вместе с моделью SCOR.

Для описания продаж и взаимоотношения с клиентами предполагается также использование третьей модели – *CCOR (Customer Chain Operations Reference model, Референтная модель операций с цепочками потребителей)*. Данная модель была разработана подразделением управления бизнес-процессами (BPM) транснациональной корпорации Hewlett-Packard. Эта модель изначально служила отправной точкой для усилий по моделированию процессов, предоставляя специалистам по моделированию BPM базовый набор общих бизнес-процессов высокого уровня для цепочки клиентов и общий язык для обмена знаниями о процессах в этой области бизнеса. Ключевые бизнес-процессы CCOR-модели представлены в таблице 6.14.

Структура CCOR-модели основана на референтной модели операций цепочки поставок (SCOR) и также может быть детализирована на несколько уровней. Так же, как и в предыдущих моделях, в цепочке клиентов различают 3 типа процессов: *planing* (планирование), *execution* (исполнение), *enable* (обеспечение). Процессы планирования уравнивают совокупный спрос на протяжении согласованного горизонта планирования. Процессы планирования обычно происходят через регулярные промежутки времени и могут влиять на время отклика цепочки клиентов. Процессы исполнения запускаются запланированными или фактическими событиями. Процессы исполнения включают посещение клиентов, ответы на их запросы, создание решений для клиентов, обработку претензий и звонки в службу

поддержки. Процессы обеспечения подготавливают, поддерживают и управляют информацией или отношениями, на которые опираются процессы планирования и исполнения [38].

Таблица 6.14 – Характеристика ключевых бизнес-процессов SCOR-модели

Бизнес-процессы DCOR-модели	Характеристика ключевых бизнес-процессов
Plan (планировать)	Процессы планирования расставляют приоритеты в продажах и назначают цели продаж ресурсам цепочки клиентов. Процессы планирования обычно происходят через регулярные промежутки времени
Relate (устанавливать связи)	Процесс установления и поддержания отношений с клиентами и посредниками. Это включает в себя выбор модели взаимодействия (сгруппированные учетные записи), назначение менеджера/команды по работе с клиентами (посреднические/именные учетные записи), получение информации о потребностях клиента (посреднические/именные учетные записи) и создание профиля клиента
Sell (продавать)	Процесс установления понимания потребностей клиента и представления и/или разработки решения для удовлетворения этих потребностей. Включает в себя уточнение профиля клиента, разработку и представление бизнес-модели, перечисление предлагаемых решений и разработку подробного решения, а также информирование клиента о продукте
Contract (заключать контракты)	Процесс назначения цены решению и получения согласия клиента. Включает в себя получение запроса на контракт, калькуляцию цены, получение внутреннего одобрения, публикацию прайс-листа, получение согласия клиента и закрытие сделки
Assist (содействовать)	Процесс предоставления послепродажной поддержки продуктов/услуг, предоставляемых клиенту. Включает в себя получение, регистрацию, назначение ресурсов поддержки и ответы на запросы клиентов, (гарантийные) претензии и отзывы о качестве продуктов и услуг

Источник: [38].

Таким образом, внедрение APICS Frameworks и создание SCOR, DCOR и SCOR моделей позволит организациям совместить в рамках цепочки жизненного цикла продукта цепь проектирования, цепь поставок и цепь потребителей. Как только бизнес-процесс описан в стандартных терминах референтной модели, он может быть однозначно идентифицирован. Все элементарные операции и их последовательности становятся измеряемыми, управляемыми и контролируемыми. Так достигается возможность перенастройки процессов на достижение конкурентного преимущества или их гибкого изменения в соответствии с конкурентными задачами.

Контрольные вопросы

1. Что такое цепь поставок? Перечислите участников цепи поставок.
2. Из каких действий состоит процесс создания интегрированных систем формирования ценности?
3. В чем заключается основная цель системы DRP?
4. Основой внедрения каких современных систем является внедрение планирования потребности в распределении?
5. Что представляют собой интегрированные модели цепи поставок? Какие элементы (подмодели) может включать интегрированная модель цепи поставок?
6. Перечислите ключевые направления рамочных программ APICS (APICS Frameworks).
7. Назовите и опишите ключевые бизнес-процессы SCOR-, DCOR- и CCOR-моделей. В чем заключается отличие между этими моделями?
8. На каком принципе основана система метрик в SCOR-, DCOR- и CCOR-моделях?
9. Какова цель построения SCOR-, DCOR- и CCOR-моделей?

ГЛАВА 7. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

7.1 Комплексные показатели эффективности логистической деятельности

Цепи поставок организаций являются гибкими и постоянно приспосабливаются к изменениям спроса и предложения на продукцию, с которой они работают. Чтобы добиться их желаемой производительности, организациям необходимо ежедневно отслеживать и контролировать свои операции. Рассмотрим основные показатели, позволяющие оценить эффективность цепи поставок и логистической деятельности организации.

К комплексным показателям эффективности логистической деятельности относятся следующие:

- 1) общие логистические издержки;
- 2) качество логистического сервиса;
- 3) продолжительность логистических циклов;
- 4) производительность;
- 5) возврат на инвестиции в логистическую инфраструктуру [39, с. 36].

Эти показатели лежат в основе отчетных форм компаний и систем показателей логистических планов разных уровней. Существуют общепринятые процедуры сравнительной оценки фирм (бенчмаркинг) в области логистики на основе аналитических и экспертных методов, использующие указанные комплексные показатели.

Таким образом, *ключевыми/комплексными показателями эффективности логистической системы* называются основные измерители эффективности использования ресурсов в компании для сформированной логистической системы, в комплексе оценивающие результативность логистического менеджмента и являющиеся основой логистического планирования, учета и контроля.

Рассмотрим краткую характеристику комплексных показателей.

Общими логистическими издержками называются суммарные затраты, связанные с комплексом функционального логистического менеджмента и логистическим администрированием в логистической системе. В составе общих логистических издержек можно выделить следующие основные группы затрат: затраты на выполнение логистических операций/функций (операционные, эксплуатационные логистические издержки); ущербы от логистических рисков; затраты на логистическое администрирование.

Большинство отчетных форм о выполнении логистического плана содержат показатели логистических издержек, сгруппированные по функциональным

областям логистики, например, издержки в материальном менеджменте, издержки на операции физического распределения и т.п., и внутри этих областей – по логистическим функциям. Общепринятыми в западном бизнесе являются выделение и учет затрат на транспортировку, складирование, грузопереработку, управление запасами, управление заказами, информационно-компьютерную поддержку и т.п. Часто для решения задач оптимизации структуры или управления в логистической системе в составе общих логистических издержек учитываются потери прибыли от замораживания (иммобилизации) продукции в запасах, а также ущерб от логистических рисков или низкого качества логистического сервиса. Этот ущерб обычно оценивается как возможное уменьшение объема продаж, сокращение доли рынка, потеря прибыли и т.п.

Анализ структуры логистических издержек в различных отраслях промышленности экономически развитых стран показывает, что наибольшую долю в них занимают затраты на: управление запасами (20 – 40%); транспортные расходы (15 – 35%); расходы на административно-управленческие функции (9 – 14%). За последнее десятилетие заметен рост логистических издержек многих западных компаний на такие логистические функции, как транспортировка, обработка заказов, информационно-компьютерная поддержка, а также логистическое администрирование.

Анализ логистических издержек западными компаниями обычно проводится в процентном отношении к стандартным, объемным или ресурсным показателям, например: логистические издержки в отношении объема продаж; отдельные составляющие логистических затрат в отношении общих издержек; логистические издержки фирмы в отношении стандартов или среднего уровня в данной отрасли; логистические издержки в отношении соответствующих статей бюджета фирмы; логистические ресурсы бюджета на текущий момент в отношении прогнозируемых затрат. Перечисленные показатели зачастую включаются в отчетные формы о логистической производительности (продуктивности), акцентируя внимание на эффективности использования финансовых ресурсов компании.

Использование общих логистических издержек в качестве ключевого показателя при формировании логистической стратегии в отечественном бизнесе наталкивается на ряд трудностей, вызванных следующими основными причинами:

- неспособностью действующей системы бухгалтерского учета и статистической отчетности предприятий выделять многие составляющие логистических издержек;

- наличие в отечественном бизнесе «двойной» бухгалтерии, «черного нала», закрытость финансовой информации для партнеров в логистической системе и даже между структурными подразделениями внутри компании и т.п.;
- отсутствие методов расчета ущербов от логистических рисков и т.д.

Понятие качества логистического сервиса базируется на стандартизированных терминах «услуга» и «сервис».

Качество логистического сервиса. По существу, подавляющее большинство логистических операций / функций является услугами, поэтому логистический сервис можно определить как процесс предоставления логистических услуг (в результате выполнения соответствующих операций или функций) внутренним или внешним потребителям.

Посредники, действующие в логистической системе, являются в основном предприятиями сервиса, в которых услуги неразрывно связаны с продуктом, распределяемым, продвигаемым и продаваемым на различных участках логистической сети. К таким звеньям относятся различные транспортные компании, экспедиторы, оптовые и розничные торговцы, склады, терминалы, таможенные брокеры, страховые компании и т.п. При этом стоимость логистических услуг может значительно превосходить затраты непосредственно на производство продукции.

Несмотря на важность логистического сервиса для реализации корпоративных стратегий, до сих пор отсутствуют эффективные способы оценки его качества, что объясняется рядом особенностей характеристик сервиса в сравнении с характеристиками продуктов. Такими *особенностями сервиса* являются:

- неосвязаемость сервиса. Поставщикам сервиса сложно объяснить и дать спецификации видам сервиса, покупателям также трудно их оценить;
- покупатель зачастую принимает непосредственное участие в производстве услуг;
- услуги потребляются в тот момент, когда они производятся, т.е. услуги не складываются и не транспортируются;
- покупатель никогда не становится собственником, приобретая услуги;
- сервис – деятельность, и потому не может быть протестирован прежде, чем покупатель его купит.

Указанные характеристики и особенности сервиса играют важную роль в логистическом процессе. Очень важно учитывать тот факт, что качество сервиса в логистике проявляется в тот момент, когда встречаются поставщик сервиса и покупатель. Измерение качества сервиса при анализе и проектировании логистической системы должно основываться на критериях,

используемых покупателями логистических услуг для этих целей. Когда покупатель оценивает качество логистического сервиса, он сравнивает некоторые фактические значения «параметров измерения» качества с ожидаемыми им величинами этих параметров, и если эти ожидания совпадают, то качество признается удовлетворительным.

В отношении логистического сервиса, на наш взгляд, более подходит определение качества как степени несоответствия между ожиданиями заказчиков и их восприятием таких критериев, как реальность, надежность, живой отклик, компетентность, вежливость, доверие, безопасность, коммуникабельность, понимание заказчика. Соответственно те компании, в которых клиент чувствует наиболее полное присутствие данных характеристик, он воспринимает как компании с наивысшим качеством.

Наиболее важные *компоненты (параметры) измерения качества сервиса:*

– осязаемость – физическая среда, в которой представлены сервис, удобства, оргтехника, оборудование, вид персонала и т.п.;

– надежность – исполнение «точно в срок», т.е., например, в физическом распределении доставка нужного товара в нужное время в необходимое место. Надежность информационных и финансовых процедур, сопровождающих физическое распределение;

– ответственность – желание помочь покупателю, гарантии выполнения сервиса;

– законченность – наличие требуемых навыков, компетентности, знаний;

– доступность – простота установления контактов с поставщиками сервиса, удобное для покупателя время оказания логистических услуг;

– безопасность – отсутствие опасности, риска, недоверия (например, сохранность груза при транспортировке);

– вежливость – поведение поставщика сервиса, корректность персонала;

– коммуникабельность – способность разговаривать на языке, понятном покупателю;

– взаимопонимание с покупателем – искренний интерес к покупателю, умение понять его нужды (требования).

Спецификация параметров качества логистического сервиса и выбор методов (способов) их оценки и контроля являются, пожалуй, наиболее сложными вопросами в логистическом администрировании.

Существует два набора показателей обслуживания клиентов, в зависимости от того, работает ли компания или цепь поставок по модели «производство на склад» (Build-to-stock, BTS) или «производство на заказ (Build-to-order, BTO)» [40, с. 154].

Ситуация сборки на складе (BTS) – это ситуация, когда обычные товары поставляются на большой рынок или клиентскую базу. К таким товарам относятся канцелярские принадлежности, чистящие средства, строительные материалы и т.д. Потребители ожидают получить эти товары сразу же в любое время, когда они им понадобятся. Цепи поставок таких товаров должны удовлетворять этот спрос, складывая их на складах, чтобы они всегда были в наличии. В среде BTS потребитель хочет, чтобы его полный заказ был выполнен немедленно. Для этого могут потребоваться большие затраты, если заказы потребителя предполагают поставку значительного количества товаров. Компаниям дорого содержать все эти товары на складе, поэтому у них могут быть запасные планы для обеспечения ускоренной доставки товаров, которых нет на складе, или замены другими товарами вместо тех, которых нет на складе.

Коэффициент заполнения заказов измеряет процент от общего числа заказов, в которых все товары в заказе заполняются немедленно со склада.

Коэффициент заполнения позиций – это процент от общего количества позиций по всем заказам, которые заполняются немедленно со склада.

Используемые вместе, эти два показателя отслеживают обслуживание клиентов с двух важных точек зрения.

Ситуация сборки на заказ (BTO) – это ситуация, при которой клиент заказывает индивидуальный продукт. Это любая ситуация, когда продукт создается на основе конкретного заказа клиента и настраивается в соответствии с уникальным набором требований, определенных заказчиком. Примером этого является способ компании Boeing, которая строит самолеты для конкретных клиентов и их требований, или Dell Computer, которая собирает ПК в соответствии с индивидуальными заказами и спецификациями клиентов.

Компании легче достичь высокого уровня своевременного завершения работ, если она указывает более длительное время отклика клиентов. Вопрос в том, действительно ли клиент хочет короткого времени отклика или согласится на более длительное время отклика. Указанное время отклика должно соответствовать ценностному предложению компании и конкурентной стратегии.

Примерами показателей для оценки ситуации BTS являются:

- скорости заполнения полного заказа и позиций заказа;
- скорость своевременной доставки;
- общая стоимость невыполненных заказов и количество невыполненных заказов;
- частота и продолжительность невыполненных заказов;
- коэффициент возврата позиций.

Примерами показателей для ситуации ВТО являются:

- указанное время отклика на заказ клиента и показатель своевременного завершения работ;
- скорость своевременной доставки;
- стоимость просроченных заказов и количество просроченных заказов;
- частота и продолжительность просроченных заказов;
- количество возвратов и ремонтов по гарантии.

Продолжительность логистических циклов. Важнейшим комплексным показателем эффективности логистической системы является *продолжительность полного логистического цикла* – время исполнения заказа потребителя (покупателя). Использование этого показателя (или его отдельных составляющих) обусловлено требованиями корпоративной стратегии, если в качестве основного фактора повышения конкурентоспособности фирмы выбирается время.

Производительность. Комплексный показатель – производительность (результативность) логистической системы – определяется объемами логистической работы (услуг), выполненными техническими средствами, оборудованием или персоналом, задействованными в логистической системе в единицу времени, или удельными расходами ресурсов в логистической системе.

В большинстве зарубежных фирм, имеющих логистические службы, составляются специальные отчеты о логистической производительности / продуктивности, в которых отражается достаточно большое число показателей, например:

- число обработанных заказов в единицу времени;
- грузовые отправки на единицу складских мощностей и грузопоместности транспортных средств;
- отношение типа «вход – выход» для отражения динамики выпуска продукции и документооборота;
- отношение операционных логистических издержек на единицу инвестированного капитала;
- отношение логистических издержек на единицу производимой продукции;
- логистические издержки в дистрибуции на единицу объема продаж и т.п.

Как видно из приведенного перечня, если производительность измеряется объемом работы персонала или техники в единицу времени (или на удельные параметры технологического оборудования, транспортных средств, или на единицу площади, объема и т.п.), то результативность характеризуется в основном удельными расходами финансовых ресурсов в логистической системе. В качестве показателей эффективности использования

транспортных средств может, например, служить коэффициент использования грузоподъемности (грузовместимости) транспортного средства, объем перевозок или грузооборот подвижного состава транспорта в час (смену, сутки), грузооборот, приходящийся на 1 тонну грузоподъемности транспортного средства и т.п. Для оценки эффективности использования складского подъемно-транспортного оборудования может применяться показатель объема грузопереработки в единицу времени. Показатели производительности могут применяться для инфраструктурных логистических подразделений логистической системы в целом. Например, общими показателями производительности склада могут служить показатели поставок, ритмичности и т.п.

Рассмотрим данные показатели подробнее.

Показатели поставок (producer goods delivery indices) – характеризуют объем, структуру и ритмичность поставок. Выполнение обязательств по физическому объему поставок можно рассчитать путем сопоставления объема фактически поставленной в счет договорных обязательств продукции с ее объемом, предусмотренным в договорах поставки. Выполнение обязательств по структуре поставленной продукции определяется путем сопоставления фактического объема поставленной продукции в соответствии с предусмотренным в договорах ассортиментом.

Показатели ритмичности (variability indices) – показатели, характеризующие отношение суммы, фактически произведенной продукции в пределах планового задания за каждый отрезок времени изучаемого периода, к общей величине задания на период в целом.

Показатели работы склада (warehousing indices) – техникоэкономические показатели, используемые для комплексного анализа различных направлений работы складов. Система этих показателей может быть представлена тремя укрупненными группами:

1. Показатели интенсивности работы складов (грузооборот, удельный грузооборот, коэффициент неравномерности загрузки, суммарная работа склада и интенсивность прохождения грузов).

2. Показатели эффективности использования складских площадей (вместимость, полезная площадь, коэффициент использования, грузонапряженность склада).

3. Показатели уровня сохранности грузов и финансовые показатели (число случаев несохранности грузов, расходы складов, себестоимость хранения, доходы, производительность труда работников склада).

Эффективность применения логистики оценивается не столько её конкретными показателями и тенденцией их изменения, сколько её влиянием

на изменение экономических и финансовых результатов деятельности предприятия (увеличение размера прибыли, повышение производительности труда и т.д.) [11, с. 55–56].

Возврат на инвестиции в логистическую инфраструктуру. Комплексный показатель – возврат на инвестиции в логистическую инфраструктуру характеризует эффективность капиталовложений в подразделения инфраструктуры логистической системы, к которым в настоящее время относят: складское хозяйство (склады разного вида и назначения, грузовые терминалы и терминальные комплексы); транспортные подразделения различных видов транспорта; транспортные коммуникации (автомобильные и железные дороги, железнодорожные подъездные пути и т.п.); ремонтные и вспомогательные подразделения, обслуживающие транспортно-складское хозяйство; телекоммуникационная система; информационно-компьютерная система (комплекс технических средств и оргтехника). Возврат на инвестиции в перечисленные объекты логистической инфраструктуры определяется в соответствии с действующими нормативно-методическими документами оценки эффективности капиталовложений [39, с. 40].

7.2 Подходы к формированию системы сбалансированных показателей и системы KPI (Key Performance Indicator)

Под сбалансированной системой показателей (ССП) понимают интегрированную систему стратегических целей, связей между ними, показателей, целевых значений, а также стратегических мероприятий. Для построения СПП необходимо определить стратегические цели, индикаторы, целевые значения индикаторов и стратегические мероприятия. Эти шаги необходимы для успешной реализации стратегии компании. Сбалансированная система показателей призвана обеспечить преобразование видения и стратегии в пакет конкретных стратегических мероприятий. Метод разработали Р.С. Каплан и Д.П. Нортон. В нем используются финансовые и нефинансовые измерители, построение которых совпадает с тремя функциями логистического управления: операционной функцией, маркетинговой и финансовой. Эти измерители так же анализируются с четырёх точек зрения: 1) финансовой перспективы (финансовая функция логистического управления); 2) перспективы клиента (маркетинговая функция логистического управления); 3) перспективы внутренних процессов (операционная функция логистического управления); 4) перспективы развития (стратегические решения логистического управления).

Цель применения метода ССП – уравнивание измерителей со стратегическими целями фирмы, в которых присутствует логистика. Графически Стратегическая Карта Результатов представлена на рисунке 7.1.

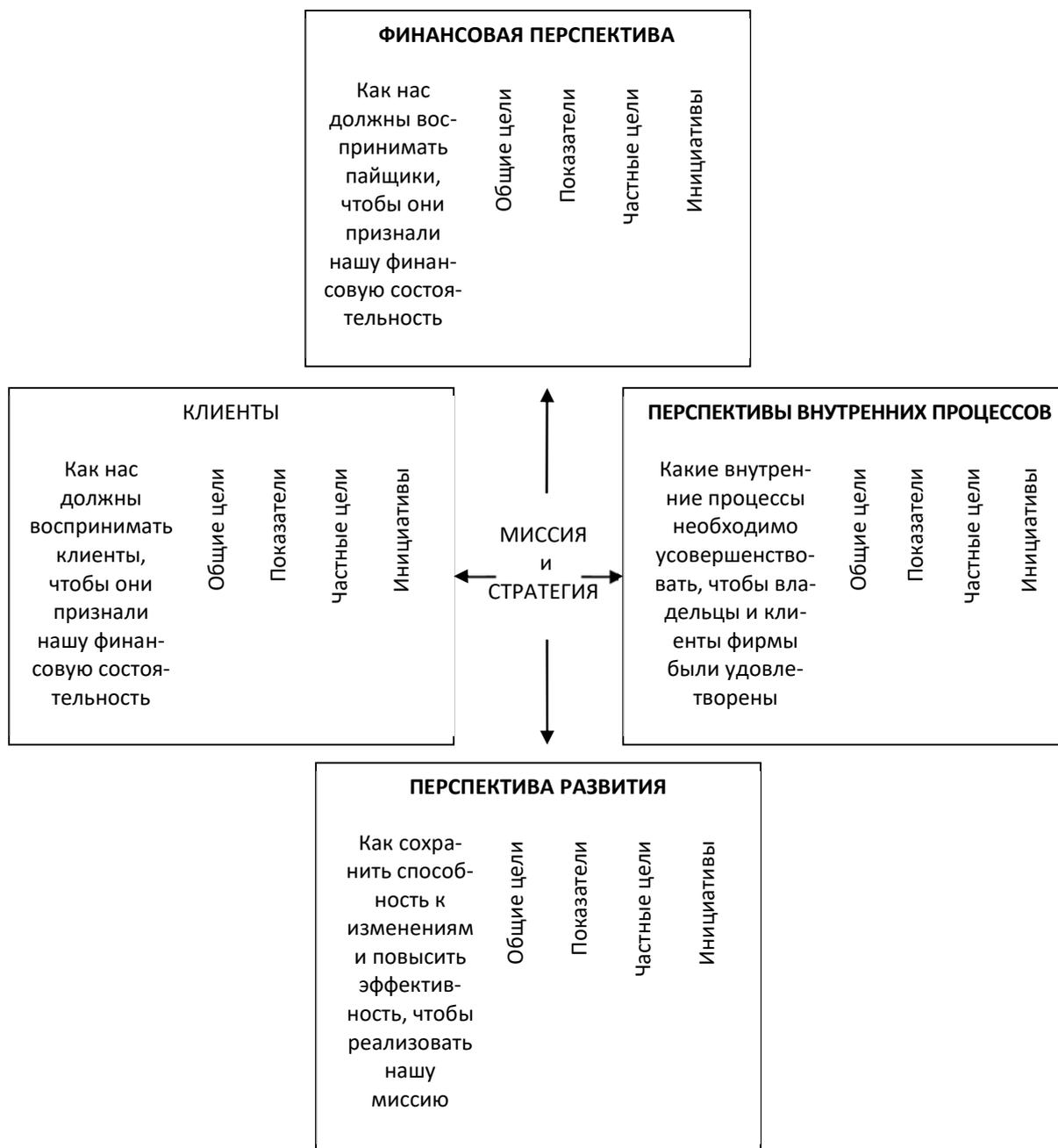


Рисунок 7.1 – Стратегия фирмы и операционная деятельность (использование Стратегической карты результатов)

Источник: [41, с. 48].

Как видно из рисунка 7.1, с помощью метода Р.С. Каплана и Д.П. Нортона можно учесть главным образом финансовую перспективу, которая нацелена на объединение собственных финансовых целей предприятия со

стратегией корпорации. Из этого следует, что существует реальная возможность трансформации действий операционных логистических партнёров на деятельность всей глобальной логистической цепи. Отсюда можно констатировать, что стратегические и операционные логистические решения, которые принимаются в рамках логистической системы, могут оказывать такое же влияние на развитие логистики. Необходимым условием функционирования логистической системы в фирме и между фирмами является создание логистических цепей.

Алгоритм разработки показателей бизнес-процесса. Рассмотрим виды ключевых показателей деятельности на примере процесса «Материально-техническое обеспечение» Производственной компании (рисунок 7.2).

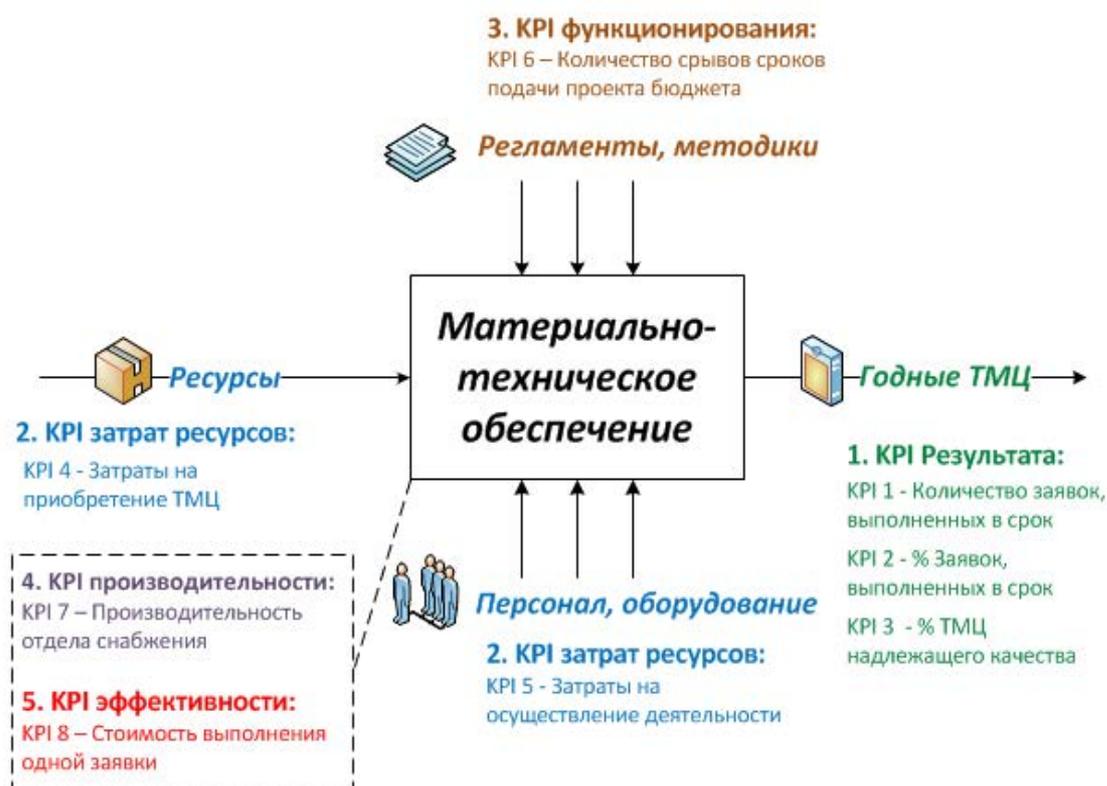


Рисунок 7.2 – Процесс «Материально-техническое обеспечение»

Источник: [42].

Выделять показатели наиболее удобно во взаимосвязи с процессами, описанными с использованием нотации IDEF0. IDEF0 представляет собой методологию функционального моделирования бизнес-процессов, состоящую из иерархично взаимосвязанных схем (диаграмм). На схемах изображаются Входы, Выходы, Управление (правила выполнения процесса) и Механизмы (оборудование, персонал). Ключевые показатели эффективности и показатели производительности, являясь производными, при использовании такой схемы характеризуют процесс в целом:

1. Идентифицировать процесс и его результат. Например, процесс «Материально-техническое обеспечение» – результат «Годные товарно-материальные ценности».

2. Идентифицировать входы-ресурсы (ресурсы, перерабатываемые за один цикл процесса) и входы-механизмы (ресурсы, обеспечивающие многократное выполнение процесса – оборудование, персонал). Например, Входы-ресурсы Процесса «Материально-техническое обеспечение»: Заявки на поставку Товарно-материальных ценностей; Товарно-материальные ценности (ТМЦ) – сырье и материалы, которые необходимо предоставить согласно плану закупок или по заявкам на поставку; Информация о наличии и стоимости ТМЦ на рынке. Входы-механизмы рассматриваемого процесса: Оборудование рабочих мест сотрудников отдела снабжения; Сотрудники отдела снабжения.

3. Идентифицировать входы-управления (правила и требования к выполнению процесса). Например, рассматриваемый процесс может регламентироваться: «Инструкцией по приемке и хранению сырья, полуфабрикатов и материалов на складе»; «Методикой отбора поставщиков»; «Правилами заключения договора поставки сырья и материалов»; «Планом закупок».

4. Зная результат, который должен быть получен, необходимо оценить его количественно – сформировать показатели результата. Они могут быть как простыми, так и рассчитываемыми (по формуле или иным способом). *Пример:* Известно **КРІ 1** – количество заявок на ТМЦ (товарно-материальные ценности), выполненных в срок. Требуется найти **КРІ 2** – % заявок на ТМЦ, выполненных в срок. Применяем формулу:

$$\mathbf{КРІ\ 2} = \mathbf{КРІ\ 1} / \mathbf{Z} \times 100\%,$$

где Z – общее количество поданных заявок на поставку ТМЦ.

КРІ 3 – % ТМЦ надлежащего качества, поступивших в производство – рассчитывается по формуле

$$\mathbf{КРІ\ 3} = \mathbf{A} / \mathbf{B} \times 100\%,$$

где A – количество ТМЦ надлежащего качества, поступивших в производство;
 B – общее количество ТМЦ, поступивших в производство.

5. На основе входов процесса можно сформировать показатели затрат. *Пример:* **КРІ 4** – Затраты на приобретение ТМЦ (затраты на ресурсы).

6. На основе механизмов процесса можно сформировать дополнительные показатели затрат. *Пример:* **КРІ 5** – Затраты на осуществление деятельности (затраты на персонал и оборудование).

7. Правильность выполнения процесса, помимо показателей затрат на осуществление деятельности, отражают также показатели функционирования. *Пример:* **КРІ 6** – Количество срывов сроков подачи проекта бюджета в финансовое управление за год.

8. Показатели производительности рассчитываются как соотношение полученного результата ко времени. *Пример:* Показателем производительности **KPI 7** может служить среднее количество заявок, обработанных отделом снабжения в день.

$$\text{KPI 7} = C / r,$$

где C – количество обработанных заявок в месяц;

r – количество рабочих дней в месяце.

9. Расчет ключевых показателей эффективности осуществляется на основе выделенных предварительно KPI результата и KPI затрат. Показатели эффективности, таким образом, выступают интегральными характеристиками деятельности. *Пример:* Показателем эффективности производства предприятия **KPI 8** можно считать стоимость выполнения одной заявки. Этот показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{KPI 8} = \text{KPI 5} / \text{KPI 1},$$

где KPI 1 – количество заявок на ТМЦ, выполненных в срок;

KPI 5 – затраты на осуществление деятельности.

По этому принципу (отношение затрат к полученному результату) можно рассчитать как показатели эффективности производства, так и показатели эффективности проектов или управления.

В процессе построения системы сбалансированных показателей и определения KPI для каждой перспективы происходит определение явных (вычисляемых) и неявных причинно-следственных связей между ключевыми показателями эффективности. Явные (вычисляемые) связи отражают порядок расчета показателей более высокого уровня на основании показателей нижних уровней, причинно-следственные связи отражают взаимное влияние показателей из различных групп.

На этапе разработки концепции управления по KPI необходимо ограничивать количество основных показателей карты уровня управления (например, их количество должно соответствовать 15–20 для одного уровня управления) с целью обеспечения сбалансированности и непротиворечивости показателей. При этом правильно построенная ССП, поддерживаемая удобными программными средствами, позволяет предприятию сосредоточить все свои ресурсы (финансовые, кадровые, технологические, информационные) на реализации стратегии и добиться неуклонного движения предприятия к поставленным целям. Приведем пример KPI в рамках системы сбалансированных показателей в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Пример счетной карты организации

Стратегические цели (перспективы)		Показатели (KPI)
Финансы (F)	F1. Оправдание ожиданий акционеров	F1.1. % оправданных ожиданий
	F2. Повышение эффективности деятельности	F2.1. Общая прибыль, долл./год
Клиенты (C)	C1. Привлечение целевых клиентов	C1.1. Количество постоянных корпоративных клиентов
	C2. Удовлетворение целевых клиентов	C2.1. Индекс удовлетворенности клиентов
Внутренние процессы (I)	I1. Уменьшение временного цикла процесса доставки продукции клиенту	I1.1. Время цикла процесса доставки продукции клиенту, ч
	I2. Повышение качества процесса доставки продукции клиенту	I2.1. Доля процессов доставки продукции клиенту с высоким уровнем качества, %
Развитие (L)	L1. Повышение квалификации персонала	L1.1. % сотрудников, соответствующих квалификационным требованиям проектов
	L2. Повышение удовлетворенности персонала	L2.1. Индекс удовлетворенности персонала, %

Источник: [42].

Система сбалансированных показателей обеспечивает связь между стратегическими целями и ежедневной работой коммерческих, производственных и административных структур (за счет введения измеримых показателей, связанных с целями). Все это, в конечном счете, повышает управляемость и эффективность деятельности предприятия, снижает риски. ССП обеспечивает взаимодействие сотрудников предприятия на всех уровнях управления и дает представление о способах улучшения процесса принятия решений и позволяет приблизиться к поставленным целям.

Участвуя в определении ключевых показателей и реализации стратегии, сотрудники имеют возможность повысить собственную квалификацию и улучшить эффективность предприятия в целом. За счет вовлечения персонала в процесс реализации стратегических решений предприятие превращается в гибкую структуру, где каждый работник одинаково понимает поставленные цели. Такое предприятие способно быстро реагировать на возникающие отклонения и принимать соответствующие управленческие решения [35, с. 87–89].

Практическое применение KPI. Использование в цикле планирования и контроля. Поскольку KPI являются измерителями результата и затрат, то могут использоваться при планировании и контроле деятельности

как элементы плана. *Пример:* Показатели, значения которых могут выступать в качестве элементов плана для Отдела материально-технического обеспечения: % своевременного выполнения заявок на ТМЦ – 99%; % ТМЦ надлежащего качества, поступивших в производство, – 100%.

После осуществления деятельности, измеряются и фиксируются фактические значения показателей. При серьезных отклонениях фактических значений от плановых в худшую сторону необходимо провести анализ деятельности и разработать корректирующие мероприятия.

Преимущества использования системы КРІ в обычной деятельности компании: планирование и анализ деятельности осуществляются на основе тех результатов, которые нужны бизнес-системе. Все показатели не выдуманы абстрактно, а «произошли» от процесса, который закрепляет необходимую системе деятельность. Если же планирование происходит само по себе, в отрыве от реальной деятельности, то зачастую выбор показателей и их целевых значений не способствует достижению основных целей организации, а является произвольным и не всегда обоснованным.

Мотивация персонала. При внедрении КРІ становится четкой и прозрачной система мотивации: поскольку фиксируются плановые и фактические значения, то руководителю ясно, за что и как мотивировать сотрудника. Тот, в свою очередь, хорошо понимает, при каких условиях и какое вознаграждение он получит, а за что его ожидает взыскание. Например, начальник отдела снабжения премируется за успешное достижение запланированных показателей эффективности и результативности, а депремируется – за невыполнение показателей деятельности (срыв сроков сдачи проекта бюджета в финансовое управление).

Таким образом, благодаря системе КРІ компания вознаграждает сотрудника за получение нужных ей результатов, а сотрудник заинтересован в получении результатов наравне с компанией.

7.3 Показатели оценки эффективности работы цепей поставок в SCOR-моделях

В SCOR-моделях применяется комплексный подход к пониманию, оценке и диагностике эффективности цепи поставок. Для этого выделяют три элемента: атрибуты производительности, показатели и зрелость процесса/практики. Данные элементы, в отличие от уровней в иерархиях процессов, рассмотренных в шестой главе, описывают различные аспекты и измерения производительности:

- атрибуты производительности: стратегические характеристики эффективности цепи поставок, используемые для определения приоритетов и согласования эффективности цепи поставок с бизнес-стратегией;
- показатели: отдельные показатели эффективности, состоящие в иерархической зависимости друг от друга;
- зрелость процесса/практики: объективные, конкретные описания, используемые в качестве справочного инструмента для оценки того, насколько хорошо процессы и методы цепи поставок включают и реализуют принятые модели процессов и передовые практики.

В таблице 7.2 рассмотрены атрибуты производительности SCOR-модели и показатели, позволяющие их измерить.

Таблица 7.2 – Атрибуты производительности цепи поставок в SCOR модели

Атрибуты производительности	Определение
Надежность	Способность выполнять задачи так, как ожидалось. Надежность фокусируется на предсказуемости результатов процесса. К типичным показателям для атрибута надежности относятся: своевременность, правильное количество, правильное качество и т.д.
Быстрота реакции	Скорость, с которой выполняются задачи. Скорость, с которой цепь поставок доставляет продукцию заказчику. Примером являются показатели времени цикла
Гибкость	Способность реагировать на внешние воздействия, способность реагировать на изменения рынка, чтобы получить или сохранить конкурентное преимущество. Показатели гибкости SCOR включают адаптивность и показатели риска
Затраты	Затраты на управление процессами цепи поставок. Включают затраты на рабочую силу, материальные затраты, а также управленческие и транспортные расходы. Типичный показатель затрат – это себестоимость закупаемого реализованных товаров.
Эффективность управления активами (активы)	Способность эффективно использовать активы. Стратегии управления активами в цепочке поставок включают сокращение запасов и использование инсорсинга по сравнению с аутсорсингом. К показателям относятся время хранения товаров на складе и загрузка производственных мощностей

Источник: [33].

Надежность, быстрота реакции и гибкость считаются атрибутами, ориентированными на клиента. Затраты и эффективность управления активами считаются внутренними атрибутами. Все показатели SCOR сгруппированы в рамках одного из атрибутов производительности.

Каждый атрибут производительности имеет один или несколько показателей уровня 1 – стратегических показателей. Эти показатели 1-го уровня представляют собой расчеты, с помощью которых организация может оценить, насколько она успешна в достижении желаемого положения в конкурентном рыночном пространстве. В таблице 7.3 представлены примеры показателей 1-го уровня, сгруппированные по атрибутам производительности.

Таблица 7.3 – Показатели 1-го уровня SCOR-модели

Атрибуты производительности	Показатели 1-го уровня		Кодификация
Надежность	Совершенный заказ	Perfect Order Fulfilment – POF	RL.1.1
Быстрота реакции	Длительность цикла выполнения заказа	Order Fulfillment Cycle Time – OFCT	RS.1.1
Гибкость	Уровень адаптивности цепи поставок (up)	Upside Supply Chain Adaptability	AG.1.1
	Уровень адаптивности цепи поставок (down)	Downside Supply Chain Adaptability	AG.1.2
	Общая стоимостная мера риска	Overall Value at Risk	AG.1.3
Затраты	Общие затраты на управление цепью поставок	Total Supply Chain Management Costs	CO.1.1
	Себестоимость реализованных товаров	Cost of Goods Sold – COGS	CO.1.2
Эффективность управления активами (активы)	Оборачиваемость активов	Cash-to-Cash Cycle Time	AM.1.1
	Рентабельность внеоборотных активов цепи поставок	Return on Supply Chain Fixed Assets	AM.1.2
	Рентабельность оборотных активов (рабочего капитала)	Return on Working Capital	AM.1.3

Источник: [43].

Показатели SCOR организованы в иерархическую структуру.

SCOR описывает показатели уровня 1, уровня 2 и уровня 3. Взаимосвязи между этими уровнями являются диагностическими. Показатели уровня 2 служат диагностикой для показателей уровня 1. Это означает, что, взглянув на показатели уровня 2, можно объяснить пробелы в производительности или улучшения показателей уровня 1. Этот тип анализа эффективности цепочки поставок называется декомпозицией показателей. Аналогично, показатели уровня 3 служат диагностикой для показателей уровня 2. Уровень показателя включается в кодификацию самого показателя.

Кодификация показателей начинается с атрибутов производительности: Надежность – RL, Быстрота реакции – RS, Гибкость – AG, Затраты – CO и Эффективность управления активами – AM. Каждая метрика начинается с этого двухбуквенного кода, за которым следует число для обозначения уровня, за которым следует уникальный идентификатор. Например: Совершенный заказ – это RL.1.1, показатель уровня 1 в атрибуте Надежности. Идеальное состояние – RL.2.4, показатель надежности на уровне 2.

Зрелость процесса/практики обеспечивает качественное сравнение процессов и практик цепочки поставок с описательными представлениями о различных уровнях внедрения процессов и практики. Это оценочное измерение эффективности процесса цепи поставок и практики обычно соответствует широко используемым моделям зрелости практики (иногда называемым «моделями зрелости возможностей»). Модель SCOR версии 12.0, рассмотренная в данной главе, не внедряет предписанную структуру и содержание модели зрелости непосредственно в документ модели SCOR [11, с. 14]. Рассмотрим пример анализа системы показателей в SCOR модели.

Пример. Составление SCOR-модели и анализ показателей эффективности цепи поставок зачастую проводится совместно с бенчмаркингом, т.е. сравнением показателей исследуемой организации с показателями конкурентов или средними показателями в отрасли.

В таблице 7.4 представлен пример системы показателей SCOR. В нем показаны атрибуты производительности, набор показателей и базовые данные для гипотетической компании. В крайней правой колонке есть некоторые «предположения» о том, какой ценности могла бы достичь гипотетическая компания, предполагая, что она сможет приблизить свой процесс цепи поставок к среднему показателю по отрасли. SCOR определяет сравнение фактических, исторических показателей компании с эталонными показателями по отрасли как анализ разрывов (GAP-анализ) и использует его для определения того, действительно ли модернизация или улучшения в цепи поставок «как есть» оправдают инвестиции.

Когда есть хорошее понимание сильных и слабых сторон процессов «как есть», появляется возможность подумать о том, как повысить конкурентоспособность и что нужно будет сделать для реализации любой выбранной стратегии цепи поставок. SCOR предлагает рассмотреть атрибуты эффективности цепи поставок и решить, где цепочка поставок компании превосходит, имеет преимущество перед конкурентами, имеет паритет или ниже средних показателей конкурентов. В частности, необходимо заполнить таблицу 7.5.

Таблица 7.4 – Пример системы показателей SCOR

Атрибуты производи- тельности	Показатели 1-го уровня	Фактическое значение	Среднее по отрасли	Конкурент	Лидер в от- расли	Выгода от улучшений
Надежность	Совершенный заказ, %	0	80	85	90	Прибыль 30 млн. долл.
Быстрога реакции	Длительность цикла вы- полнения заказа, дней	35	7	5	3	Прибыль 30 млн. долл.
Гибкость	Время отклика цепочки поставок, дней	97	82	55	13	Ключевой показатель для умень- шения за- трат
	Гибкость производства, дней	45	30	25	20	–
Затраты	Общие затраты на управ- ление цепью поставок, %	19	13	8	35	30 млн. долл. кос- венных из- держек
	Стоимость гарантии	нет	нет	нет	нет	нет
	Производительность до- бавленной стоимости на одного сотрудника, тыс. долл.	нет	156	306	460	нет
Эффективность управления активами (активы)	Время хранения на складе, дней	119	55	38	22	нет
	Оборачиваемость акти- вов, дней	196	80	46	28	7 млн. долл. начисле- ний на ос- новной ка- питал
	Оборот активов (рабочего капитала), кол-во оборо- тов	2,2	8	12	19	нет

Источник: [44].

Таблица 7.5 – Модель сравнения показателей организации с конкурентами

Атрибуты производительности	Показатели в сравнении с конкурентами	
	Как есть (As-Is)	Как будет (To-Be)
Надежность		○
Быстрота реакции		○
Гибкость	○	●
Затраты	○	○
Эффективность управления активами (активы)		

- – лидерство по данному атрибуту;
- – выше среднего в отрасли;
- – равенство с другими компаниями в отрасли.

Источник: [44].

Уже разработанная система показателей дает хорошее представление о том, как цепь поставок оценивается по сравнению с другими в данной отрасли. Дальнейшая цель – решить, какой будет цепь поставок в будущем. Необходимо назначить один черный круг в поле рядом с атрибутом производительности, по которому, как ожидается, организация будет доминировать. Затем назначаются один или два круга для областей производительности, в которых вы ожидаете быть выше среднего, и узкие круги для остальных, где вы ожидаете быть по крайней мере на уровне конкурентов. Ограничения на распределение кругов отражают реальность. Нельзя ожидать превосходства в каждой категории и нужно ожидать, что компания будет хороша по крайней мере в одной или двух.

Назначение черного круга – это стратегическое решение. Если организация считает, что ее успех зависит от того, чтобы всегда доставлять продукцию потребителю вовремя, то высшим приоритетом может быть надежность доставки. Если, с другой стороны, компания работает в отрасли, в которой существует большой спрос на гибкость, то корпоративный успех будет зависеть от способности увеличивать или уменьшать масштаб продукта с минимумом суеты и максимумом гибкости. Если организация намерена быть недорогим поставщиком товаров, то будут очень важны общие затраты в цепи поставок.

После того, как организация рассмотрела свою стратегию по цепи поставок и расставила приоритеты, появляется возможность подумать о том, где она находится относительно того, где нужно быть, чтобы реализовать заданную стратегию.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные группы показателей, описывающих логистическую деятельность организации.
2. Что такое система сбалансированных показателей? С каких точек зрения (перспектив) рассматриваются показатели в данной системе?
3. Что представляет собой ключевой показатель деятельности (KPI)? Какова взаимосвязь между KPI и системой сбалансированных показателей?
4. Назовите основные KPI, которые можно использовать для анализа логистической деятельности организации.
5. Опишите атрибуты производительности цепи поставок в SCOR-модели.
6. С помощью каких показателей 1-го уровня можно проанализировать атрибуты производительности SCOR-модели? Приведите примеры показателей 2-го уровня, которые можно поставить в соответствие к вышеназванным показателям 1-го уровня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. Логистика; под ред. В.И. Сергеева. – М.: Эксмо, 2013. – 944 с.
2. Богданов А.А. Тектология: в 2 кн. – Кн. 1. / Редкол.: Л.И. Абалкин (отв. ред.) и др. / Отд-е экономики АН СССР. Ин-т экономики АН СССР. – М.: Экономика, 1989. – 304 с. (Всеобщая организационная наука).
3. Локтионов М.В. А.А. Богданов как основоположник общей теории систем // Философия науки и техники. – 2016. – Т. 21, № 2. – С. 80–96.
4. Блауберг И.В. Системный подход как предмет историко-научной рефлексии // Системные исследования. Ежегод. – М.: Наука, 1973. – С. 7–19.
5. Johnson R.A., Kast F.E., Rosenzweig J.E. Systems Theory and Management // Management Science. – 1964. – Vol. 10, No 2. – P. 367–384.
6. Bertalanffy L. von, Hempel C. G., Jonas H., General System Theory: a new Approach to Unity of Science // «Human Biology». – 1951. – Vol. 23. – P. 303–361.
7. Boulding K. General Systems Theory: The Skeleton of Science // Management Science. – 1956. – Apr. – P. 197–208.
8. Журавлев Н.П., Маликов О.Б. Транспортно-грузовые системы: учеб. для вузов ж.-д. транспорта. – М.: УМНЦ, 2005. – 368 с.
9. О'Коннор Дж., Макдермотт И. Искусство системного мышления: Необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 256 с.
10. Цифровые технологии в логистике и управлении цепями поставок: аналитический обзор / В.В. Дыбская и др.; под общ. и науч. ред. В.И. Сергеева; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. д. Высшей школы экономики, 2020. – 190 с.
11. Ивуть Р.Б. Логистика: учеб. пособие для студентов специальностей 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (по направлениям)», 1-27 02 01 «Транспортная логистика (по направлениям)». – Минск: БНТУ, 2021. – 462 с.
12. Шумаев В.А. Основы логистики: учеб. пособие. – М.: Юрид. ин-т МИИТ, 2016. – 314 с.
13. Лукинский В.С., Лукинский В.В., Плетнева Н.Г. Логистика и управление цепями поставок: учеб. и практикум для академ. бакалавриата. – М.: Юрайт, 2016. – 359 с.
14. Pfohl H.-Ch. Systemy logistyczne. Podstawy organizacji I zarzadzania. – Poznań: Biblioteka logistyka, 2001. – 407 s.

15. Соколова О.Г., Карх Д.А. Логистическая иерархия как основание системного управления предприятием // Изв. УрГУ. – 2016. – № 4 (66). – С. 99–107.
16. Blaik P. Logistyka. – Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2001. – 407 s.
17. Гвилия Н.А., Парфёнов А.В., Шульженко Т.Г. Управление интегрированными межкорпоративными логистическими системами в условиях цифровой экономики // Управленец. – 2019. – Т. 10, № 1. – С. 40–51.
18. Саратовцев Ю.И. Место и роль контроля и контроллинга в логистике и управлении цепями поставок [Электронный ресурс] // Логистика и управление цепями поставок. – 2016. – № 5(76). – URL: <http://www.lscm.ru/index.php/ru/po-godam/item/1487>. (дата обращения: 11.10.2021).
19. Beaverstock M., Greenwood A., Nordgren W. Applied Simulation Modeling and Analysis using FlexSim. – Orem: FlexSim Software Products, 2017. – 492 p.
20. Власов М.В. Имитационное моделирование: учеб.-метод. пособие. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2016. – 60 с.
21. Жаров М.В. Обзор программных средств имитационного моделирования для исследования технологий и производств машиностроения // Вестн. ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2021. – № 4. – С. 85–92.
22. Fumagalli L., Polenghi A., Negri E., Roda I. Framework for simulation software selection [Electronic resource] // Journal of Simulation. – 2019. – Vol. 13, Iss. 4. – URL: <https://doi.org/10.1080/17477778.2019.1598782>.
23. Борщев А.В. Имитационное моделирование: состояние области на 2015 год, тенденции и прогноз [Электронный ресурс]. ИММОД 2015. – URL: https://www.anylogic.ru/upload/pdf/immod15_borshchev_statia.pdf. (дата обращения: 23.08.2021).
24. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Родина Р.В., Сафина Д.И. Моделирование бизнес-процессов в системе имитационного моделирования SIMIO // Вестн. технол. ун-та. – 2016. – Т. 19, № 11. – С. 149–153.
25. Григорьев И. Anylogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию. – Anylogic, 2022. – 272 с.
26. Дыбская В.В. Логистика складирования: учеб. – М.: ИНФРА-МБ, 2011. – 559 с.
27. Маликов О.Б. Склады и грузовые терминалы: справ. – СПб.: Изд. д. «Бизнес-пресса», 2005. – 560 с.
28. Гермацкий А., Слонимская М. Логистика склада // Справочник экономиста. – 2010. – № 4(14). – 112 с.
29. Основы теории транспортных процессов и систем: учеб. пособие / А.А. Михальченко и др.; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2017. – 379 с.

30. Слонимская М.А. Логистика: учеб.-метод. пособие. – 3-е изд., стер. – Минск: БГЭУ, 2014. – 191 с.
31. Fertsch M. Podstawy zarządzania przepływem materiałów w przykładach. – Poznań: Biblioteka logistyka, 2003. – 133 s.
32. Бочкарев А.А. Планирование и моделирование цепи поставок: учеб.-практ. пособие. – М.: «Альфа-Пресс», 2008. – 192 с.
33. SCOR. Version 12.0. – APICS, 2017. – URL: <http://www.apics.org/docs/default-source/scor-training/scor-v12-0-framework-introduction.pdf?sfvrsn=2>. (дата обращения: 18.02.2022).
34. Шинкевич А.И., Кудрявцева С.С., Барсегян Н.В., Ахметшин Р.М. Промышленная логистика: учеб.-метод. пособие. – Казань: Казан. науч.-исслед. технол. ун-т (КНИТУ), 2019. – 112 с.
35. Крылатков П.П., Прилуцкая М.А. Управление цепью поставок (SCM): учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 140 с.
36. SCOR model / Association for Supply Chain Management. – URL: <https://scor.ascm.org/processes/introduction>. (дата обращения: 18.02.2022).
37. DCOR Version 1.0. – APICS, 2014. – URL: <http://www.apics.org/docs/default-source/scc-non-research/dcor-framework-a4.pdf>. (дата обращения: 20.02.2022).
38. Customer Chain Operations Reference Model (CCOR). Version 1.0. – APICS, 2014. – URL: <http://www.apics.org/docs/default-source/scc-non-research/ccor-framework.pdf?sfvrsn=4>. (дата обращения: 21.02.2022).
39. Сергеев В. Ключевые показатели эффективности логистики // Финансовый директор. – 2011. – № 5-6. – С. 36–40.
40. Hugos, Michael H. Essentials of supply chain management. – New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 332 p.
41. Зорина Т.Г., Слонимская М.А. Международная логистика. – Минск: БГЭУ, 2014. – 244 с.
42. Система KPI (Key Performance Indicator): разработка и применение показателей бизнес-процесса. Показатели эффективности [Электронный ресурс]. – URL: https://www.businessstudio.ru/articles/article/sistema_kpi_key_performance_indicator_razrabotka_i/. (дата доступа: 18.02.2022).
43. Сергеев В.И. Управление цепями поставок. Учебник для бакалавров. – М.: Юрайт, 2015. – 479 с.
44. SCOR: Supply-Chain Reference Model [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tecnoali.com/files/emensa/D11/Report%20Ilim.pdf>. (дата доступа: 26.02.2022).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
ГЛАВА 1. ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ. ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	4
1.1 Система, модели и моделирование	4
1.2 Логистические системы и трансформация материального потока	9
1.3 Классификация логистических систем	16
Контрольные вопросы	19
ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ	20
2.1 Элементы систем массового обслуживания	20
2.2 Основные характеристики клиентов	22
2.3 Основные характеристики серверов	23
2.4 Основные характеристики очередей	26
2.5 Моделирование систем массового обслуживания	27
Контрольные вопросы	33
ГЛАВА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	34
3.1 Обзор программных средств имитационного моделирования	34
3.2 Среда имитационного моделирования систем AnyLogic и FlexSim	36
3.3 Работа случайных пользователей с имитационной моделью	42
Контрольные вопросы	45
ГЛАВА 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКЛАДСКИХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	46
4.1 Роль складского хозяйства в логистической системе. Виды складов	46
4.2 Структура склада. Общие сведения по расчету склада	50
Контрольные вопросы	56
ГЛАВА 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	57
5.1 Сущность и задачи транспортной логистики	57
5.2 Выбор вида транспорта	59
5.3 Составление маршрутов движения транспорта	62
5.4 Показатели транспортного процесса	74
Контрольные вопросы	79
ГЛАВА 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК	80
6.1 Цепь поставок как система формирования ценности	80
6.2 Последовательность планирования потребности в распределении интегрированных цепей поставок	89
6.3 Построение интегрированных моделей цепи поставок на основе моделей смешанного целочисленного линейного программирования	94

6.4 Использование методик SCOR-, DCOR- и CCOR для построения интегрированной модели цепи поставок	110
Контрольные вопросы	117
ГЛАВА 7. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	118
7.1 Комплексные показатели эффективности логистической деятельности	118
7.2 Подходы к формированию системы сбалансированных показателей и системы KPI (Key Performance Indicator)	125
7.3 Показатели оценки эффективности работы цепей поставок в SCOR-моделях	131
Контрольные вопросы	137
Литература	138

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

СЛОНИМСКАЯ Марина Андреевна
ПАЛЬЧЕВСКАЯ Татьяна Сергеевна

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальности «Логистика»*

Редактор: *И. Н. Чапкевич*
Дизайн обложки: *М. С. Мухоморовой*

Подписано в печать 20.06.23. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная 70 г/м².
Цифровая печать. Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 9,24. Тираж 30 экз. Заказ 281.

Издатель и полиграфическое исполнение –
учреждение образования «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.

Файл: Слонимская, Пальчевская ред
Каталог: C:\Users\User3\Documents
Шаблон: C:\Users\User3\AppData\Roaming\Microsoft\Шаблоны\Normal.dotm
Заголовок:
Содержание:
Автор: Administrator
Ключевые слова:
Заметки:
Дата создания: 01.11.2022 20:28:00
Число сохранений: 37
Дата сохранения: 19.06.2023 14:44:00
Сохранил: User3
Полное время правки: 4 630 мин.
Дата печати: 21.06.2023 9:20:00
При последней печати
 страниц: 144
 слов: 39 678 (прибл.)
 знаков: 226 171 (прибл.)