

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Поздеев Александр Всеволодович
Должность: И.о. директора
Дата подписания: 25.09.2026 12:20:36
Уникальный программный ключ:
14710207690ac5b09915a097f8302d3b605d33a7



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
В Г. ВОЛГОДОНСКЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
(Институт технологий (филиал) ДГТУ в г. Волгодонске)**

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Поздеев Александр Всеволодович
Должность: Исполняющий обязанности директора
Дата подписания: 16.04.2026 15:09:42
Уникальный программный ключ:
8df19f7134014dd9d8eda5a432ad5af8

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ
по учебной дисциплине
ОП.01 Моделирование логистических систем
образовательная программа среднего профессионального образования по специальности
38.02.03 Операционная деятельность в логистике**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания к практическим занятиям по учебной дисциплине «Моделирование логистических систем» предназначены для обучающихся по специальности 38.02.03 «Операционная деятельность в логистике».

Цель работ – углубление, расширение и закрепление знаний, полученных на теоретических занятиях по данной дисциплине, а также направлены на формирование следующих компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по правовой и финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

Практическое занятие № 1

Определение и описание материальных потоков и логистических операций в окружающей экономической среде.

Цель: закрепление теоретического материала и практическое применение логистических функций для формирования эффективной деятельности предприятия.

Задание 1. Определение и описание материальных потоков и логистических операций (решение ситуационных задач)

Последовательность выполнения заданий: все задания выполняются строго по порядку.

Краткие теоретические сведения.

Фундаментальными понятиями в логистике являются понятия о логистической цепи, логистической системе, логистических функциях, материальных, сервисных, финансовых, информационных потоках.

Поток – это количество вещества, информации, денежных средств перемещаемых в единицу времени.

Материальный поток образуется в результате транспортировки, складирования и выполнения других материальных операций с сырьём, полуфабрикатами и готовыми изделиями, начиная от первичного источника сырья вплоть до конечного потребителя.

Логистической операцией называется любое элементарное действие, приводящее к преобразованию параметров материального и (или) связанных с ними информационных, финансовых, сервисных потоков

Логистическая функция – это укрупнённая группа логистических операций.

К ключевым функциям могут относиться следующие:

- **Закупка материальных ресурсов** для обеспечения производства. Это комплекс таких задач, как выбор поставщиков, планирование потребности, определение рациональных периодов времени и объемов поставок ресурсов, организация договорной работы и другое
- **Транспортировка.** Процесс транспортировки нужно рассматривать в более широком плане, чем собственно перевозка грузов, а именно: как совокупность перевозки, погрузки-разгрузки, экспедирования и других сопутствующих логистических операций.
- **Управление запасами.** Представляет собой процесс создания, контроля и регулирования уровней запасов в закупках, производстве и реализации продукции.
- **Управление процедурами заказов.** Данная функция определяет процедуры получения и обработки заказов, времени получения готовой продукции и другого. Значение данной функции очень велико в современном бизнесе, так как напрямую определяет качество обслуживания потребителей.
- **Поддержка производственных процедур.**
- **Поддержание стандартов качества производства готовой продукции и сопутствующего сервиса.** Обеспечение и поддержание качества производства продукции, послепродажного логистического сервиса.
- **Информационно-компьютерная поддержка.**

К поддерживающим функциям относятся:

- **Складирование.** Определение количества, типов и дислокации складов, объема хранения материального ресурса и готовой продукции, планировки складских площадей, мотивация работников склада с учетом объема выполнения логистических операций.
- **Прогнозирование спроса** на готовую продукцию и расхода материального ресурса.
- **Поддержка возврата продукции** от клиентов.
- **Обеспечение запасными частями** и сопутствующим сервисом.

- Сбор и утилизация возвратных отходов (управление вторичными материальными ресурсами) и другое.

Материальные потоки включают в себя: транспортировку сырья и полуфабрикатов от поставщиков и продукции незавершённого производства внутри предприятия, деятельность, связанную с перегрузкой товара с одного транспортного средства на другое, размещение и хранение товара, отбор, упаковку и складирование, дальнейшую транспортировку клиентам (оперативно-сбытовая работа).

Информационные потоки – это поток сообщений в устной, документной (бумажной и электронной) и других формах, соответствующий материальному или сервисному потоку в рассматриваемой логистической системе, и предназначенный в основном для реализации управляющих функций.

Финансовые потоки – это направленное движение финансовых ресурсов, связанное с материальными, информационными и иными потоками как в рамках логистической системы, так и вне нее.

Сервисные потоки – потоки услуг, генерируемые логистической системой в целом или ее подсистемой (звеном, элементом) с целью удовлетворения внешних или внутренних потребителей организации бизнеса.

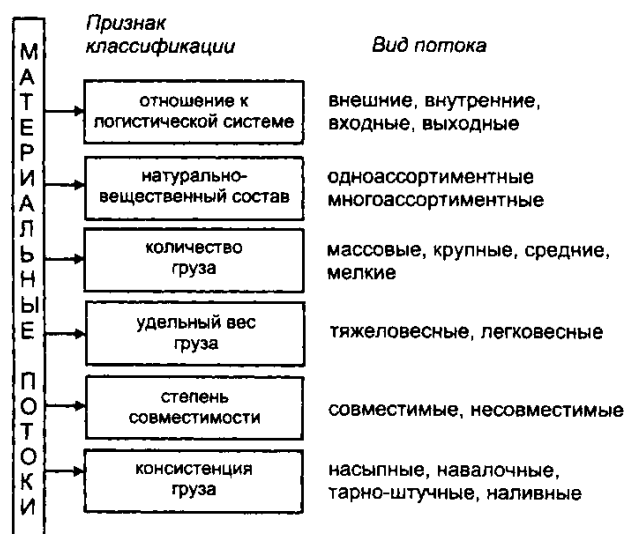


Рисунок 1.1 - Классификация материальных потоков

➤ ЗАДАНИЯ И ИНСТРУКЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ.

ЗАДАНИЕ 1

Задача 1.

УСЛОВИЕ: На рисунке 1.2 представлено движение материальных и информационных потоков в логистической системе.

1) Требуется:

- определить направления движения материальных потоков;
- указать недостающие информационные потоки и обосновать дополнения;
- охарактеризовать материальные и информационные потоки.

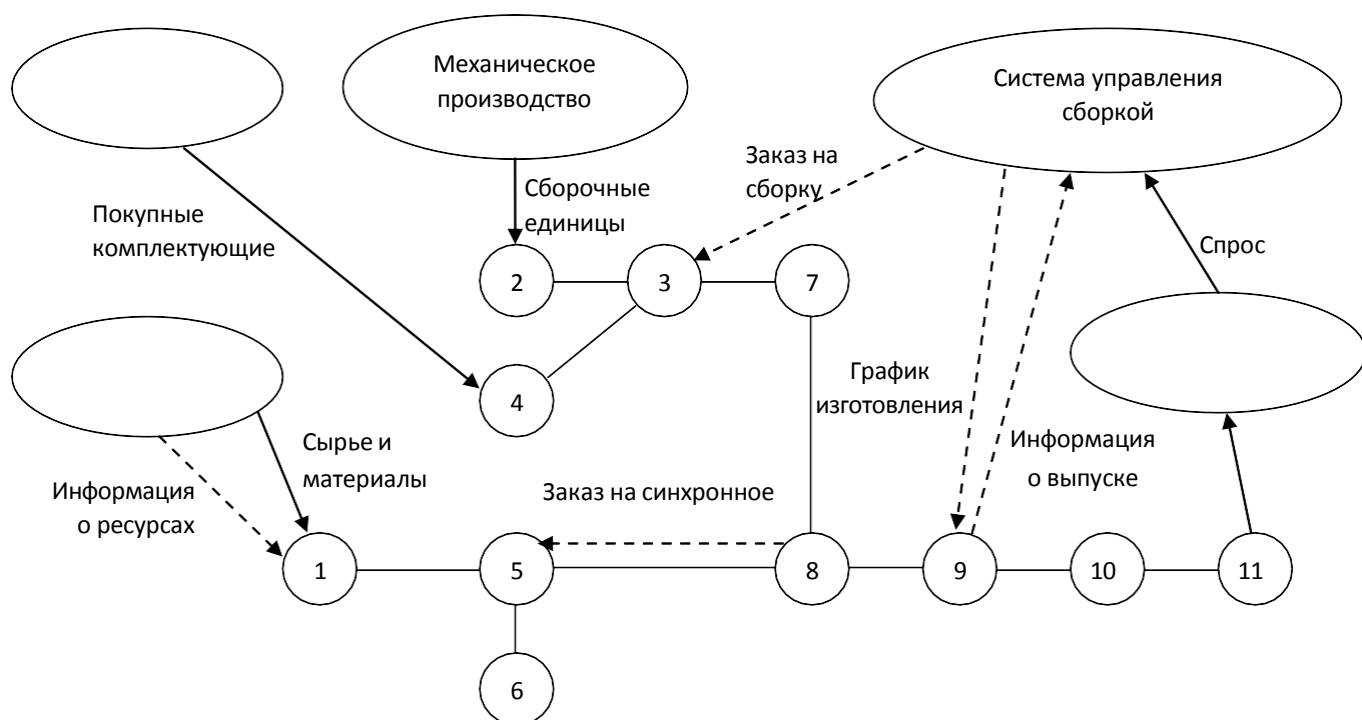


Рисунок 1.2 - Движение материальных и информационных потоков в логистической системе

Задача 2.

УСЛОВИЕ: Используя рисунок 1.2 перечислить логистические операции в последовательности, соответствующей движению материальных потоков. Провести классификацию выявленных логистических операций.

Задача 3.

УСЛОВИЕ: Входной поток склада равен 9700 т в год. Доля товаров, поставляемых в нерабочее время, составляет 15%. Доля товаров, подлежащих распаковке на участке приёмки - 20%. Доля товаров, подлежащих комплектованию - 70 %. Уровень централизованной доставки - 40%. Доля доставленных товаров, не подлежащих механической выгрузке - 60%. Доля товаров, загружаемых в транспортное средство вручную - 30%. Кратность обработки товаров на участке хранения

1) Рассчитать совокупный материальный поток.

Методические рекомендации к решению задачи 3:

Понятие материального потока является ключевым в логистике. Материальные потоки образуются в результате транспортировки, складирования, разгрузки, погрузки материальных ценностей. На рисунке 1.3 приведена принципиальная схема материального потока на оптовой базе. Как следует из этой схемы, выгруженный из транспортного средства товар может быть направлен по одному из трёх путей: либо на участок приёмки, либо в зону хранения, либо, если груз поступил в нерабочее время, в приёмочную экспедицию. В дальнейшем товар, так или иначе, сосредотачивается в зоне хранения. Пути движения груза из зоны хранения на участок погрузки также могут быть различными.

Объём работ по отдельной операции, рассчитанный за определённый промежуток времени, представляет собой МП по соответствующей операции. На складах МП, как правило, рассчитывают для отдельных участков или применительно к отдельным операциям. Совокупный материальный поток равен сумме материальных потоков, протекающих на его отдельных участках и между участками.

От того, по какому пути пойдёт груз на складе, будут или не будут выполняться с

ним те или иные операции, зависит величина совокупного МП, и, следовательно, размер расходов на хранение и складскую обработку.

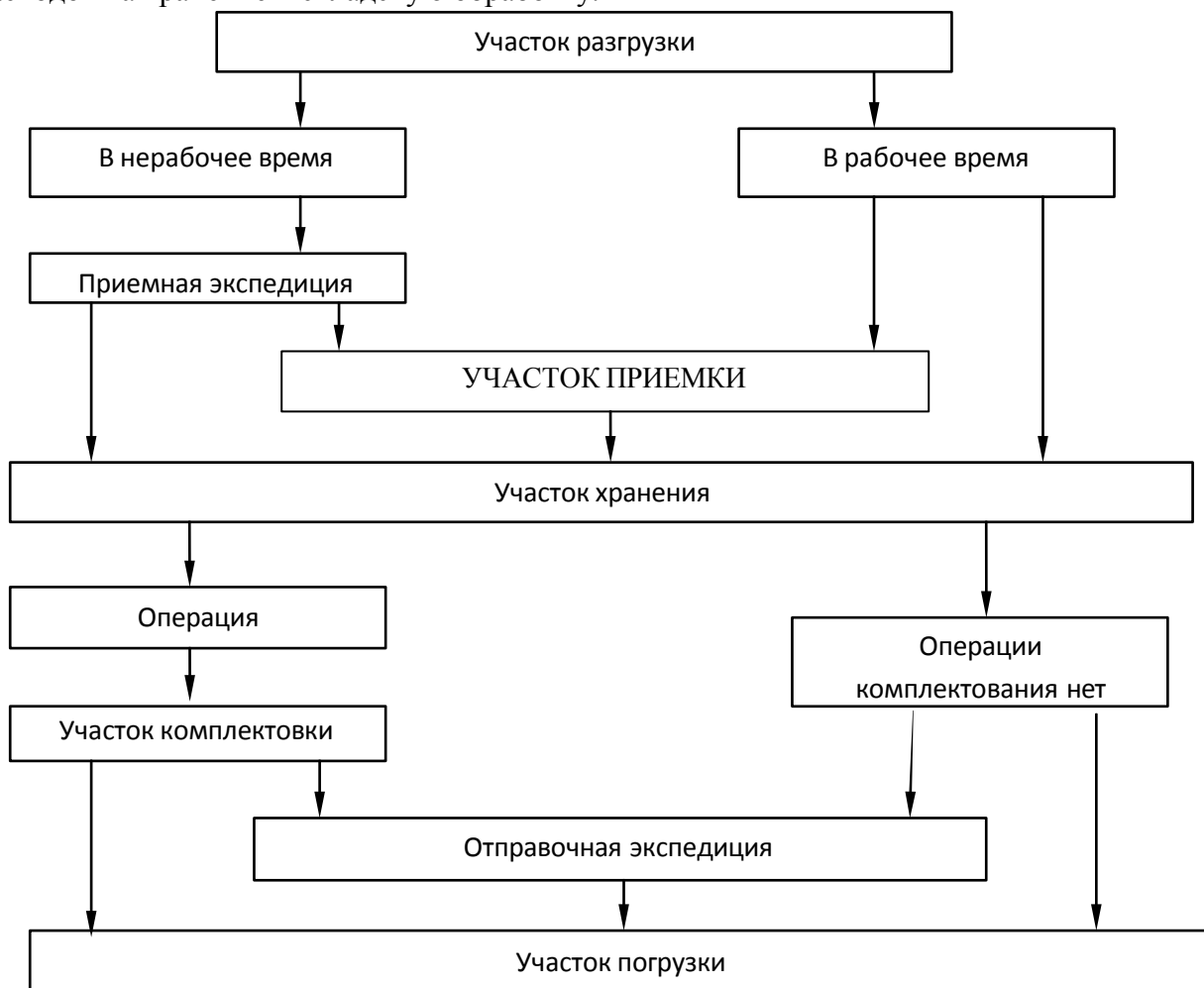


Рисунок 1.3 - Принципиальная схема материального потока на складе

На величину совокупного МП влияют следующие факторы: доля товаров, поставляемых в нерабочее время (A1); доля товаров, подлежащих распаковке на участке приёмки (A2); доля товаров, подлежащих комплектованию (A3); доля товаров, поставляемых централизованно (A4); доля доставленных товаров, подлежащих ручной разгрузке (A5); доля товаров, подлежащих ручной погрузке (A6); кратность обработки товаров на участке хранения (A7).

Совокупный МП поток определяется по формуле:

$$P = P_{pp} + P_{mp} + P_{rp} + P_{мп} + P_{э} + P_{пк} + P_x + P_{пт}, \text{ тонн/год} \quad (1.1)$$

где P – совокупный материальный поток;

P_{pp} , P_{mp} – материальный поток при ручной и механической разгрузке соответственно;

P_{rp} , $P_{мп}$ – материальный поток при ручной и механической погрузке соответственно;

$P_{э}$ – материальный поток на экспедиционных участках;

$P_{пк}$ – материальный поток на участках приёмки и комплектации;

P_x – материальный поток в зоне хранения;

$P_{пт}$ – внутри складское перемещение грузов.

Грузопоток при ручной разгрузке (P_{pp}) определяется по формуле:

$$P_{pp} = T \cdot A_5 / 100, \text{ тонн/год} \quad (1.2)$$

где T – входной поток (грузооборот склада), т.

$$P_{\text{рп}} = T \cdot A_6/100, \text{ тонн/год} \quad (1.3)$$

Грузопоток при механической разгрузке определяется по формуле:

$$P_{\text{мр}} = T (1-A_5/100), \text{ тонн/год} \quad (1.4)$$

$$P_{\text{мп}} = T (1-A_6/100), \text{ тонн/год} \quad (1.5)$$

Аналогично определяется грузопоток при ручной и механической погрузке. Материальный поток на экспедиционных участках рассчитывается по формуле:

$$P_3 = T (A_1+A_4)/100, \text{ тонн/год} \quad (1.6)$$

Подобным образом определяется материальный поток на участках приёмки и комплектации:

$$P_{\text{пк}} = T(A_2+A_3)/100, \text{ тонн/год} \quad (1.7)$$

В зоне хранения в результате множества таких операций, как, например, перекалывание товара с одного яруса на другой или отбор товара, возникает группа материальных потоков, сумма которых может быть представлена как величина, кратная грузообороту склада, и рассчитывается по формуле:

$$P_x = T \cdot A_7, \text{ тонн/год} \quad (1.8)$$

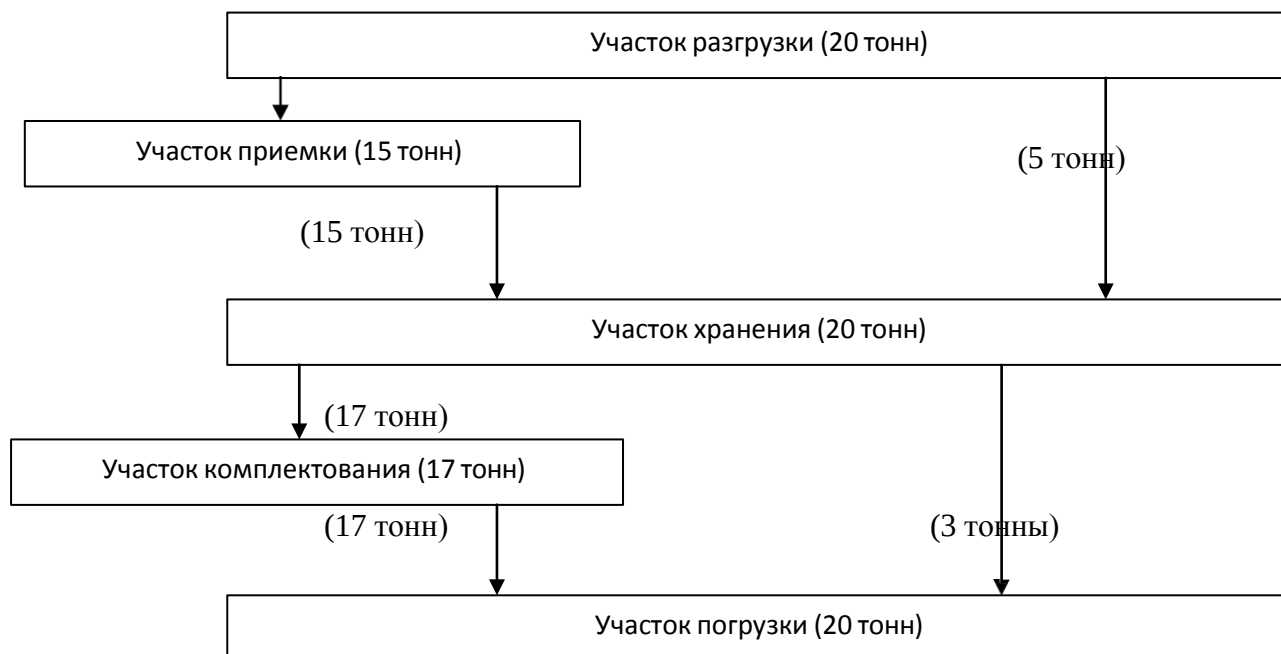
Внутрискладское перемещение грузов равно сумме выходных грузовых потоков всех участков, кроме последнего:

$$P_{\text{пг}} = T_{\text{разгрузка}} + T \cdot A_1/100 + T \cdot A_2/100 + T_{\text{хранение}} + T \cdot A_3/100 + T \cdot A_4/100, \text{ тонн/год} \quad (1.9)$$

Задача 4.

Условие: На предприятие оптовой торговли в течение недели поступило 20 тонн различных грузов. Схема движения материального потока на складе предприятия оптовой торговли представлена на рисунке 1.4.

1) Определить величину входного и выходного материального потока, а также совокупный материальный поток на предприятии.



Практическое занятие № 2
Анализ конкретной материалопроводящей системы
для оценки метода.

Цель: управление проектом на основе концепции управления цепями поставок товаропроводящих систем.

Задание 1. Выбор оптимальной системы распределения.

Условие: Выберите для внедрения систему распределения из трех предлагаемых, если для каждой из систем известны значения параметров (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Значения параметров сравниваемых систем распределения
 (вариант 1)

Наименование показателя	Условное обозначение	Величина		
		Система 1	Система 2	Система 3
Годовые эксплуатационные затраты, у.е./год	$Z_{\text{экспл}}$	7050	9020	6100
Годовые транспортные затраты, у.е./год	$Z_{\text{тран}}$	3500	4850	7040
Единовременные затраты, у.е.	$Z_{\text{един}}$	50000	60000	40000
Срок окупаемости системы, год	$T_{\text{окуп}}$	5,2	5,5	4,9

(вариант 2)

Наименование показателя	Условное обозначение	Величина		
		Система 1	Система 2	Система 3
Годовые эксплуатационные затраты, у.е./год	$Z_{\text{экспл}}$	2000	10020	7350
Годовые транспортные затраты, у.е./год	$Z_{\text{тран}}$	1500	6855	9000
Единовременные затраты, у.е.	$Z_{\text{един}}$	90000	4000	2860
Срок окупаемости системы, год	$T_{\text{окуп}}$	6,3	1,5	2,9

Решение:

Для того, чтобы из трех предлагаемых вариантов системы распределения выбрать один, установим критерий выбора – это минимум приведенных годовых затрат, то есть затрат,

приведенных к единому годовому измерению. Затем оценим по этому критерию каждый из вариантов.

Величину приведенных затрат определим по следующей формуле:

$$З = Э + T + K/C, \quad (2.1)$$

где $З$ – приведенные годовые затраты системы распределения, долл. США/год;

$Э$ – годовые эксплуатационные расходы системы, долл. США/год;

T – годовые транспортные расходы системы, долл. США/год;

K – капитальные вложения в строительство распределительного центра, долл. США;

C – срок окупаемости системы, год.

Для реализации выбираем тот вариант системы распределения, который имеет минимальное значение приведенных годовых затрат.

Практическое занятие № 3

Управление материальными потоками на основе пооперационного учета логистических издержек

Цель: - формирование умений управлять материальными потоками на основе пооперационного учета логистических издержек.

➤ Краткие теоретические сведения.

Одна из основных задач логистики - управление затратами по доведению материального потока от первичного источника сырья до конечного потребителя. Однако управлять затратами можно лишь в том случае, если они точно измеримы. Поэтому системы учета издержек производства и обращения участников логистических процессов должны выделять затраты, возникающие в процессе реализации функций логистики, и формировать информацию о наиболее значимых затратах, а также о характере их взаимодействия друг с другом. При соблюдении названного условия появляется возможность использовать важный критерий выбора оптимального варианта логистической системы - минимум совокупных издержек на протяжении всей логистической цепи.

Практическое занятие знакомит обучающихся с возможностями, которые открывает применение логистического подхода к управлению материальными потоками на складе предприятия оптовой торговли. Однако следует отметить, что пооперационный учет логистических издержек позволит оптимизировать материальные потоки в любой логистической системе.

➤ ЗАДАНИЯ И ИНСТРУКЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ.

Задание 1. Расчет величины суммарного материального потока на складе.

Методические указания.

Одна из основных задач логистики - управление затратами по доведению материального потока от первичного источника сырья до конечного потребителя. Однако управлять затратами можно лишь в том случае, если они точно измеримы. Поэтому системы учета издержек производства и обращения участников логистических процессов должны выделять затраты, возникающие в процессе реализации функций логистики, и формировать информацию о наиболее значимых затратах, а также о характере их взаимодействия друг с другом. При соблюдении названного условия появляется возможность использовать важный критерий выбора оптимального варианта логистической системы - минимум совокупных издержек на протяжении всей логистической цепи.

Практическое занятие знакомит обучающихся с возможностями, которые открывает применение логистического подхода к управлению материальными потоками на складе предприятия оптовой торговли. Однако следует отметить, что пооперационный учет логистических издержек позволит оптимизировать материальные потоки в любой логистической системе.

Принципиальная схема склада предприятия оптовой торговли приведена на рисунке 3.1. Технологический процесс на складе реализуется следующим образом. Прибывший железнодорожным транспортом товар выгружается из транспортного средства на участке разгрузки (рис. 3.1 - железнодорожная рампа).

Различают грузы, прибывшие в рабочее и нерабочее время. Если разгрузка происходит в нерабочее время, т.е. тогда, когда основной склад закрыт, груз поступает в приемочную экспедицию - помещение, отдельное от основного склада.

Разгруженный в рабочее время груз направляется в основное помещение склада. При этом некоторые товары, например сахар в стандартных мешках сразу перемещаются на участок хранения. Другие товары направляются на участок приемки, для распаковки и проверки.

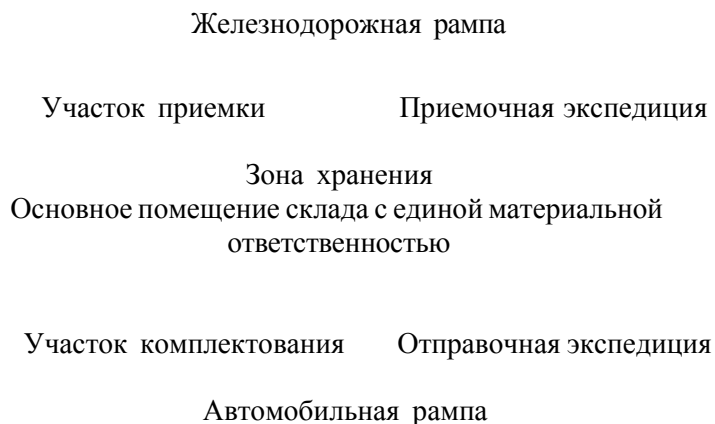


Рисунок 3.1 - Принципиальная схема склада

В дальнейшем весь поступивший на склад груз, так или иначе, сосредотачивается в зоне хранения основного помещения склада.

Отпускаемый со склада товар может проходить или не проходить операцию комплектования. Через участок комплектования склада проходит только товар, который упаковывается и отпускается вместе с другими товарами в общей транспортной таре.

Товар со склада предприятия оптовой торговли может доставляться заказчику силами данного предприятия. Тогда в помещении, отдельном от основного склада, необходимо организовать отправочную экспедицию, которая будет накапливать подготовленный к отгрузке товар, и обеспечивать его доставку покупателям. Завершает технологический процесс на складе операция погрузки, которая в нашем случае выполняется на автомобильной рампе.

Принципиальная схема материальных потоков на складе предприятия оптовой

торговли приведена на рисунке 3.2.

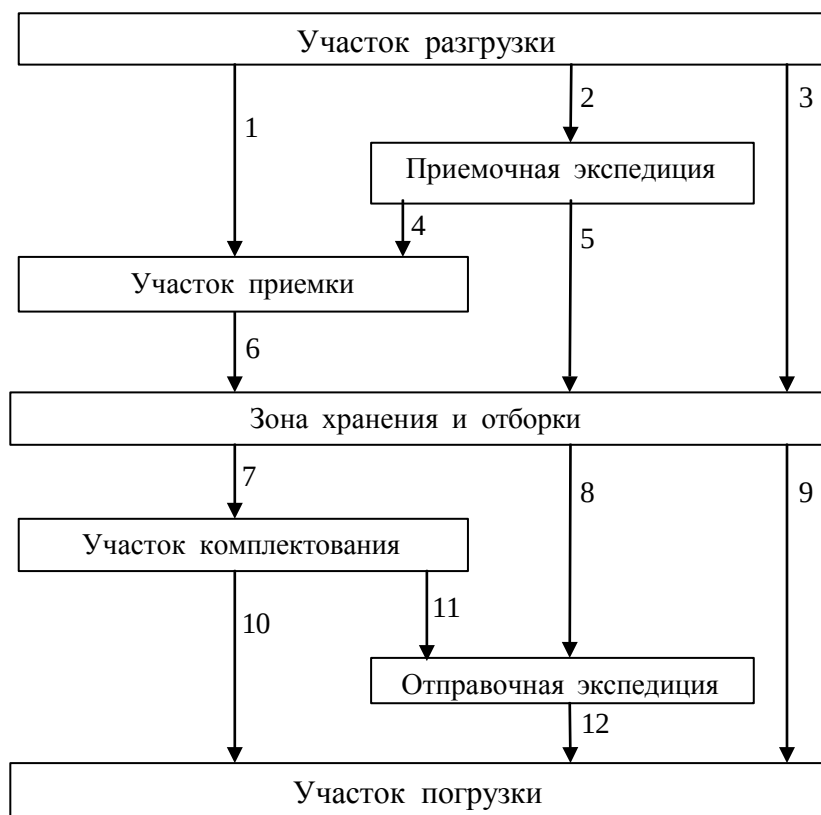


Рисунок 3.2 - Принципиальная схема материального потока на складе предприятия оптовой торговли

На складах предприятий оптовой торговли материальные потоки рассчитывают, как правило, для отдельных участков или по отдельным операциям (например, внутрискладское перемещение грузов, ручная переборка груза на участках приемки и комплектации и т.п.). При этом суммируют объемы работ по всем операциям на данном участке или в рамках данной операции.

Суммарный внутренний материальный поток (грузовой поток) склада определяется сложением материальных потоков, проходящих через его отдельные участки и между участками.

Величина суммарного материального потока на складе зависит от того, по какому пути пойдет груз на складе, будут или не будут выполняться с ним те или иные операции. В свою очередь, маршрут материального потока определяется значением факторов, перечисленных в таблице 3.1.

Объем работ по отдельной операции, рассчитанный за определенный промежуток времени (месяц, квартал, год), представляет собой материальный поток по соответствующей операции.

Величина суммарного материального потока на складе (P) определяется сложением величин материальных потоков, сгруппированных либо по признаку выполняемой логистической операции, либо по признаку места выполнения логистической операции.

1. Грузы, рассматриваемые в процессе внутрискладского перемещения.

Перемещение грузов (в нашем случае - механизированное, в контейнерах или на поддонах) осуществляется с участка на участок, а суммарный материальный поток по данной группе $P_{n,z}$ равен сумме выходных грузовых потоков всех участков, без последнего:

$$\begin{aligned}
 & T \text{ (с участка разгрузки)} \\
 & + T \times A_1 / 100 \text{ (из приемочной экспедиции)} \\
 & + T \times A_2 / 100 \text{ (с участка приемки)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&+T \text{ (из зоны хранения)} \\
&+T \times A_3/100 \text{ (с участка комплектования)} \\
&+T \times A_4/100 \text{ (из отправочной экспедиции)} \\
&= P_{н.э.}
\end{aligned}$$

2. Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций на участках разгрузки и погрузки.

Операции разгрузки и погрузки могут выполняться вручную или с применением машин и механизмов. Ручная разгрузка необходима, если товар в транспортном средстве прибыл от поставщика не будучи уложенным на поддоны. В этом случае для того, чтобы изъять товар из транспортного средства и затем переместить на один из последующих участков склада, его необходимо предварительно вручную уложить на поддоны.

Грузопоток при ручной разгрузке груза:

$$P_{р.р} = T \times A_5/100 \text{ (т/год).}$$

Остальная разгрузка является механизированной. Грузопоток при механизированной разгрузке груза:

$$P_{м.р} = T \times (1-A_5/100) \text{ (т/год).}$$

Ручная погрузка будет необходима в том случае, если поданное транспортное средство нельзя загрузить с помощью средств механизации. Тогда товар будет подвезен электропогрузчиком к борту транспортного средства, а затем вручную в него погружен.

Грузопоток при ручной погрузке груза:

$$P_{р.п} = T \times A_6/100 \text{ (т/год).}$$

Грузопоток при механизированной погрузке груза:

$$P_{м.п} = T \times (1-A_6/100) \text{ (т/год).}$$

3. Грузы, рассматриваемые в процессе ручной переборки при приемке товаров

$$P_{п.р} = T \times A_2/100 \text{ (т/год).}$$

4. Грузы, рассматриваемые в процессе ручной переборки при комплектации заказов покупателей

$$P_{км} = T \times A_3/100 \text{ (т/год).}$$

5. Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций в экспедициях.

Если груз поставлен в рабочее время, то он сразу по мере разгрузки поступает на участок приемки или в зону хранения. Если же груз прибыл в нерабочее время (например, в воскресный день), то он разгружается в экспедиционное помещение и лишь в ближайший рабочий день подается на участок приемки или в зону хранения. Следовательно, в приемочной экспедиции появляется новая операция, которая увеличивает совокупный материальный поток на величину:

$$P_{п.э} = T \times A_1/100 \text{ (т/год).}$$

Если на предприятии оптовой торговли имеется отправочная экспедиция, то в ней появляется новая операция, которая увеличивает совокупный материальный поток на величину:

$$P_{о.э} = T \times A_4/100 \text{ (т/год).}$$

Итого операции в экспедициях увеличивают совокупный материальный поток на:

$$P_{эк} = P_{р.э} + P_{о.э} = T \times (A_1 + A_4)/100 \text{ (т/год).}$$

6. Операции в зоне хранения.

Весь поступивший на склад товар, как отмечалось, так или иначе сосредотачивается в местах хранения, где выполняются следующие обязательные операции: укладка груза на хранение; выемка груза из мест хранения.

Объем работ за определенный период по каждой операции равен грузообороту склада за этот же период (при условии сохранения запаса на одном уровне).

Таким образом, минимальный материальный поток в зоне хранения равен $2 \times T$.

Если при хранении товара осуществляется перекладка запасов с верхних на нижние ярусы стеллажей, то к совокупному материальному потоку добавляется некоторая часть Т. В процессе отборки часть грузов может быть возвращена в места хранения, что также увеличивает совокупный материальный поток еще на некоторую долю Т.

В результате всех операций в зоне хранения возникает группа материальных потоков, величина которой равна:

$$P_{\text{хр}} = 2 \times T + T \times A_7 \text{ (т/год)}.$$

Величина суммарного материального потока на складе (Р) определяется по следующей формуле:

$$P = P_{\text{п.г}} + P_{\text{р.р}} + P_{\text{м.р}} + P_{\text{р.п}} + P_{\text{м.п}} + P_{\text{п.р}} + P_{\text{эк}} + P_{\text{км}} + P_{\text{хр}}.$$

Рассчитать величины материальных потоков на складе и заполнить графу 4 таблицы 3.2.

Таблица 3.1 - Факторы объема складской грузопереработки

№ п/ п	Обозначение	Наименование фактора	Значение фактора по вариантам, %										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Т	Годовой товарооборот склада (тыс. т/год)	5	10	15	20	25	30	35	40	20	25	30
2.	A ₁	Доля товаров, поставляемых на склад в нерабочее время и проходящих через приемочную экспедицию	15	25	20	10	15	30	20	25	20	15	25
3.	A ₂	Доля товаров, проходящих через участок приемки склада	85	75	80	90	85	70	80	75	80	85	75
4.	A ₃	Доля товаров, подлежащих комплектованию на складе	70	70	80	70	80	70	75	65	60	80	70
5.	A ₄	Доля товаров, попадающих на участок погрузки из отправочной экспедиции	30	30	20	30	20	30	25	35	40	20	30
6.	A ₅	Доля доставленных на склад товаров, требующих ручной выгрузки с укладкой на поддоны	60	65	50	55	60	70	65	55	50	70	50
7.	A ₆	Доля товаров, загружаемых в транспортное средство при отпуске со склада вручную	30	20	25	40	30	20	25	35	40	20	40
8.	A ₇	Кратность обработки товаров на участке хранения (количество)	2	3	4	2	3	2	3	4	2	3	2

Продолжение таблицы 3.1

№ пп	Обозначение	Значение фактора по вариантам, %																			
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1.	T	35	40	45	60	20	20	20	40	30	10	15	25	20	10	30	35	40	25	15	
2.	A ₁	10	15	20	15	20	30	20	15	30	10	20	15	10	30	25	10	15	10	30	
3.	A ₂	90	75	80	85	80	70	80	85	70	90	80	85	90	70	75	90	85	90	70	
4.	A ₃	80	75	65	70	60	75	80	60	70	80	70	65	70	75	90	80	70	60	80	
5.	A ₄	20	25	35	30	40	25	20	40	30	20	30	35	40	25	10	20	30	40	20	
6.	A ₅	70	65	55	10	20	45	10	15	20	10	25	10	15	20	25	20	15	10	15	
7.	A ₆	20	25	35	15	10	15	50	30	20	35	10	20	35	25	30	15	10	20	25	
8.	A ₇	3	1	3	3	2	3	2	4	3	4	2	4	3	2	3	4	2	3	4	

Таблица 3.2 - Величины материальных потоков и стоимости их грузопереработки на складе

№ п/п	Наименование группы материальных потоков	Обозначение группы	Величина материального потока, т/год	Стоимость грузопереработки, руб.
1	2	3	4	5
1.	Грузы, рассматриваемые в процессе внутрискладского перемещения	$P_{н.с.}$		
2.	Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения ручной разгрузки	$P_{р.р}$		
3.	Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения механизированной разгрузки	$P_{м.р}$		
4.	Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения ручной погрузки	$P_{р.п}$		
5.	Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения механизированной погрузки	$P_{м.п}$		
6.	Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операции на участке приемки	$P_{п.р}$		
7.	Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций на участке комплектования заказов	$P_{к.м}$		
8.	Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций в экспедициях	$P_{эк}$		

9.	Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций в зоне хранения	P_{xp}		
10.	Суммарные значения материального потока и его стоимости	$P, C_{груз}$		

Задание 2. Расчет стоимости грузопереработки на складе.

Методические указания.

Стоимость грузопереработки определяется:

- объемом работ по той или иной операции;
- удельной стоимостью выполнения той или иной операции.

Пооперационные объемы работ определены при выполнении первого задания.

Удельные стоимости выполнения той или иной операции на складе представлены в таблице 3.3. Эти данные позволят представить общую стоимость грузопереработки на складе в виде суммы затрат на выполнение отдельных операций.

Выбор состава операций с грузом на складе можно осуществить на основании критерия минимума затрат на грузопереработку.

Максимально снизить складские расходы можно, направляя товар из зоны хранения сразу в зону погрузки. Но это означает отказ от операций подбора ассортимента на участке комплектования, а также от доставки товаров покупателям (операции в отправочной экспедиции). Однако следует иметь в виду, что, отказываясь от предоставления услуг, предприятие сдает позиции на рынке, а это также сопряжено с экономическими потерями.

Поиск приемлемого компромисса возможен лишь при налаженной системе учета издержек.

Таблица 3.3 - Группы материальных потоков на складе

№ п/п	Наименование группы материальных потоков	Условное обозначение группы	Удельная стоимость работ на потоках данной группы	
			Обозначение	Величина, руб./т
1	2	3	4	5
1.	Внутрискладское перемещение грузов	$P_{плг}$	S_1	0,6
2.	Операции в экспедициях	$P_{эк}$	S_2	2,0
3.	Операции с товаром в процессе приемки и комплектации	$P_{п.р}, P_{км}$	S_3	5,0
4.	Операции в зоне хранения	P_{xp}	S_4	1,0
5.	Ручная разгрузка и погрузка	$P_{р.р}, P_{р.п}$	S_5	4,0
6.	Механизированная разгрузка и погрузка	$P_{м.р}, P_{м.п}$	S_6	0,8

Стоимость грузопереработки на участках определяется умножением величины соответствующего материального потока (графа 4, таблицы 3.2) на его удельную стоимость (графа 5, таблицы 3.3).

Суммарная стоимость работ с материальными потоками (стоимость грузопереработки) определяется по формуле:

$$S_{груз.} = S_1 P_{плг} + S_2 P_{эк} + S_3 (P_{п.р} + P_{км}) + S_4 P_{xp} + S_5 (P_{р.р} + P_{р.п}) + S_6 (P_{м.р} + P_{м.п}).$$

Результаты расчетов записать в графу 5, табл. 3.2.

Задание 3. Дифференциация факторов, определяющих объем складской грузопереработки.

Методические указания.

В процессе выполнения задания необходимо проанализировать совокупность факторов A_1 - A_6 , влияющих на интенсивность материального потока на том или ином участке склада, и определить, какие из них зависят в основном от условий договоров с поставщиками, а какие от условий договоров с покупателями. Результаты рекомендуется оформить в виде таблицы 3.4, записав факторы A_1 - A_6 в графу 1 или 2.

Таблица 3.4 - Дифференциация факторов, определяющих объем складской грузопереработки

Группа А (факторы, зависящие от условий договора с поставщиками)	Группа В (факторы, зависящие от условий договора с покупателями)
1	2

Задание 4. Ранжирование факторов по степени влияния на стоимость складской грузопереработки.

В процессе выполнения предыдущих заданий было изучено влияние факторов A_1 - A_6 на объем и стоимость грузопереработки на складе. В свою очередь, эти факторы зависят от условий договоров с контрагентами предприятия оптовой торговли, т.е. от принимаемых коммерческих решений. Следовательно, предприниматель должен знать, какой из факторов оказывает наибольшее влияние на стоимость грузопереработки, и учитывать это при заключении договора с поставщиком или покупателем.

Методические указания.

При выполнении данного задания необходимо определить, как будет влиять на общую стоимость грузопереработки сокращение потока на том или ином участке на одну и ту же величину. Полученная информация позволит повысить обоснованность принимаемых решений, так как при заключении договоров с поставщиками коммерческая служба будет знать, что более существенно снижает стоимость грузопереработки:

- снижение доли груза, поступающего в нерабочее время и проходящего через приемочную экспедицию (фактор A_1);
- снижение доли поступающего груза, который необходимо пропустить через участок приемки (фактор A_2);
- снижение доли груза, поступающего в непакетированном виде и требующего ручной разгрузки (фактор A_5).

При заключении договоров с покупателями:

- снижение доли груза, подлежащего комплектованию на участке комплектования (фактор A_3);
- снижение доли груза, отгружаемого в нерабочее время и проходящего через отправочную экспедицию (фактор A_4);
- снижение доли груза, загружаемого в транспортное средство вручную (фактор A_6).

Все операции с грузами на складах оптовой торговли с точки зрения полезности для покупателя можно разделить на две группы:

- операции, не влияющие либо слабо влияющие на уровень оказываемого покупателям сервиса (разгрузка прибывшего на склад товара, операции в приемочной экспедиции, входной контроль и др.);

– операции, оказывающие прямое влияние на уровень предоставляемого покупателям сервиса (подбор ассортимента по заказу покупателей, организация централизованной доставки заказа, погрузка транспорта покупателя и др.).

Критерием правильности коммерческого решения по первой группе операций может служить минимум затрат на внутрискладскую грузопереработку. Решение по второй группе принимается на основе маркетингового исследования рынка услуг. Критерием здесь является оптимальное значение уровня сервиса.

Пример расчета для фактора A_1 .

Входной материальный поток на склад $T = 5000$ т/год (данные берутся из предыдущих заданий в соответствии с номером варианта). Через приемочную экспедицию проходит 15% всех грузов (фактор A_1).

При снижении доли проходящих через приемочную экспедицию грузов на 5% уменьшается объем и соответственно стоимость работ в самой экспедиции, а также объем и стоимость работ по ввозу грузов в экспедицию и вывозу из нее.

Необходимо рассчитать суммарное снижение стоимости грузопереработки в денежных единицах и в процентном отношении к общей стоимости грузопереработки на складе ($S_{\text{груз}}$ графа 5, таблицы 1.2) и заполнить графы 5 и 6, таблицы 1.5.

Начальное значение фактора $A_1 = 15\%$, новое - 10% .

Меняющиеся потоки - № 2, 4, 5 (рис. 1.2).

Обработка в приемочной экспедиции:

1. Ранее в приемочной экспедиции обрабатывалось:

$$P_{\text{ПЭ}} = 750 \text{ т/год (15\% от 5000 т/год),}$$

стало обрабатываться:

$$P_{\text{ПЭ2}} = T(A_1 - 5)/100 = 500 \text{ т/год (10\% от 5000 т/год).}$$

Изменение объема грузопереработки на потоке:

$$\Delta P_{\text{ПЭ}} = P_{\text{ПЭ}} - P_{\text{ПЭ2}} = 750 - 500 = 250 \text{ т/год.}$$

2. Стоимость работ в приемочной экспедиции при изменении фактора A_1 на 5% составит:

$$S_{\text{ПЭ}} = P_{\text{ПЭ}} \cdot S_2 = 250 \cdot 2 = 500 \text{ р./год.}$$

Внутрискладское перемещение в приемочную экспедицию и из нее:

3. Изменение стоимости работ при перемещении входного материального потока (поток 2) составит:

$$S_{\text{ПЭ1}} = \Delta P_{\text{ПЭ}} \cdot S_1 = 250 \cdot 0,6 = 150 \text{ р./год.}$$

4. Изменение стоимости работ при перемещении выходного материального потока (потоки 4,5) составит:

$$S_{\text{ПЭ2}} = \Delta P_{\text{ПЭ}} \cdot S_1 = 250 \cdot 0,6 = 150 \text{ р./год.}$$

5. Общее изменение стоимости грузопереработки на складе, в результате уменьшения значения фактора A_1 составит:

$$S_{A1} = S_{\text{ПЭ}} + S_{\text{ПЭ1}} + S_{\text{ПЭ2}} = 500 + 150 + 150 = 800 \text{ р./год.}$$

6. Изменение стоимости грузопереработки в процентах к общей стоимости ($S_{\text{груз}}$) составит:

$$И_{A1} = S_{A1} / S_{\text{груз}} \cdot 100 = 800 / 98950 \cdot 100 \approx 0,808\%.$$

В результате выполнения задания в таблице 3.5 факторы ранжируются по степени влияния на стоимость внутрискладской грузопереработки (по значению графы 6) и заполняется графа 7.

Таблица 3.5 - Расчет влияния отдельных факторов на стоимость грузопереработки

Наименование фактора	Значение фактора, %		Номер меняющихся потоков	Изменение общей стоимости грузопереработки		Ранг (место)
	начальное	новое		р./год	%	
1	2	3	4	5	6	7
Факторы, зависящие от условий договора с поставщиками						
A ₁ — доля грузов, поставленных на склад в нерабочее время через приемочную экспедицию	15	10	2,4,5	800	0,808	3
A ₂ — доля грузов, проходящих через участок приемки склада	20	15	1,4,6	1550	1,566	1
A ₅ — доля грузов, разгружаемых из транспортных средств на складе вручную	60	55	1,2,3	1150	1,162	2
A ₃ — доля грузов, подлежащих комплектованию на складе	70	65	7,10,11	1550	1,566	1
A ₄ — доля грузов, отправляемых со склада в нерабочее время через отправочную экспедицию	40	35	8,11,12	800	0,808	3
A ₆ — доля грузов, загружаемых в транспортное средство при отпуске со склада вручную	30	25	9,10,12	1150	1,162	2

Практическое занятие № 4

Решение задач линейного программирования графическим методом

Цель: Научиться решать задачи линейного программирования графическим методом.

Методические указания.

1. Математическое программирование — область математики,

разрабатывающая теорию и численные методы решения многомерных экстремальных задач с ограничениями, т. е. задач на экстремум функции многих переменных с ограничениями на область изменения этих переменных.

2. В линейном программировании изучаются свойства решений линейных систем уравнений и неравенств с n переменными, называемых системами ограничений, следующего вида:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j &\leq b_i & (i = 1; k) \\ \left\{ \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j &= b_i \right. & (i = k + 1; m), \text{ где } a_{ij}; b_i - \text{ постоянные величины и } k \leq m \\ x_j &\geq 0 & j = 1; l \quad l \leq n \end{aligned}$$

3. Система ограничений образует область допустимых решений (область экономических возможностей). План, удовлетворяющий системе ограничений задачи, называется допустимым.

4. Основной задачей линейного программирования (ОЗЛП) с n переменными называется задача о нахождении такого допустимого плана, который доставляет максимум (минимум) функции:

$$F = c_0 + \sum_{j=1}^n c_j x_j,$$

называемой функцией прибыли (целевой функцией, показателем эффективности или критерием оптимальности).

5. Допустимый план, доставляющий максимум (минимум) целевой функции, называется оптимальным планом.

6. Целевая функция, экстремальное значение которой нужно найти в условиях экономических возможностей, система ограничений составляют математическую модель задачи — это отражение оригинала в виде функций, уравнений, неравенств, цифр и т. д.

7. Если x_j рассматривать как координаты точки, то система ограничений является пересечением конечного числа полуплоскостей, образующее многоугольную область, которую называют областью решений системы неравенств.

8. Область решений является выпуклой, но может быть неограниченной и даже пустой (если система неравенств противоречива)

9. Прямую, которая имеет с областью решений по крайней мере одну общую точку, притом так, что вся область лежит по одну сторону от этой прямой, называют опорной по отношению к этой области.

Пример выполнения:

Исходные данные:

Для производства компьютерных столов I-го и II-го видов требуются три типа ресурсов: дерево, пластик и трудозатраты. Потребности в ресурсах для производства одного стола каждого вида, запасы ресурсов, а также прибыль от реализации одного стола каждого вида, заданы в следующей таблице:

Тип ресурса	Единица продукции I вида	Единица продукции II вида	Запас ресурса
Дерево	1	3	24
Пластик	4	1	24
Трудозатраты	3	2	23
Прибыль	200	300	

Требуется, решив задачу графическим методом, найти план выпуска продукции, позволяющий получить наибольшую прибыль.

Решение:

1. Составим математическую модель задачи.

Обозначим:

- x – количество выпущенной продукции I вида;
- y – количество выпущенной продукции II вида,

тогда для изготовления x единиц продукции I вида и y единиц продукции II вида нам необходимо $(x + 3y)$ м² дерева, но это количество дерева не должно превышать имеющийся запас ресурса, поэтому имеем неравенство $(x + 3y) \leq$

Аналогично по остальным типам ресурсов, т. о. систему ограничений можно записать, используя данные таблицы:

$$\begin{aligned} x + 3y &\leq 24 \\ 4x + y &\leq 24 \\ 3x + 2y &\leq 23 \\ x &\geq 0 \\ \text{h } y &\geq 0 \end{aligned}$$

По условию задачи необходимо найти оптимальный план производства продукции, т.е. такой план (x, y) , который доставляет максимум функции прибыли:

$$F = 200x + 300y.$$

2. Найдем область решений задачи

Для того чтобы решить поставленную задачу графическим методом, изобразим на координатной плоскости область, заданную системой ограничений. Это многоугольник лежит в первом координатном углу координатной плоскости, а его граница задается системой уравнений:

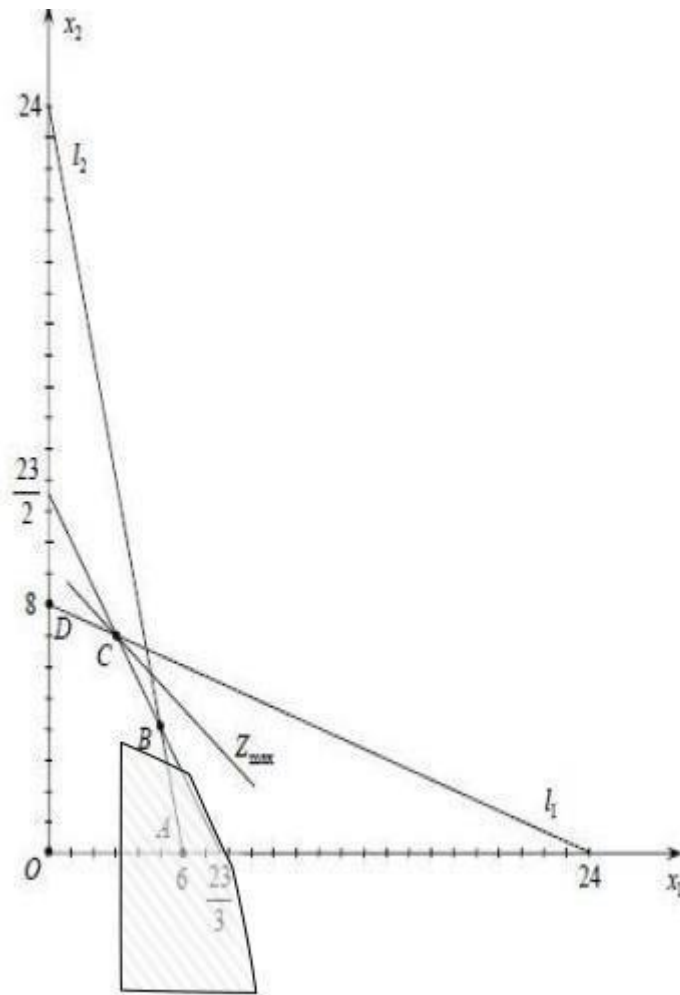
$$\begin{aligned} x + 3y &= 24 \\ 4x + y &= 24 \\ 3x + 2y &= 23 \\ x &= 0 \\ \text{h } y &= 0 \end{aligned}$$

Многоугольник $ABCD O$ – область решений системы ограничений.

3. Построим график целевой функции.

Для этого рассмотрим вектор $N = (2; 3)$ с началом в точке $O (0; 0)$, параллельный вектору $(200; 300)$, нормальному прямой $200x + 300y = 0$.

Построим линию нулевого уровня прибыли $F = 0$, т.е. прямую $200x + 300y = 0$. При движении этой прямой в положительном направлении вектора N она пройдет через вершины области решений и станет опорной. В одной из вершин целевая функция примет наименьшее значение, в одной – наибольшее.



4. Найдем оптимальный план задачи.

Для этого найдем координаты вершин пятиугольника. Точка A – пересечение прямой $4x + y = 24$ и оси Ox , ее координаты $(6; 0)$, D – пересечение $x + 3y = 24$ и оси Oy , ее координаты $(0; 8)$. Координаты точки B удовлетворяют системе уравнений:

$$\begin{cases} 4x + y = 24 \\ 3x + 2y = 23 \end{cases}$$

Решая эту систему, находим, что $B = (5; 4)$. Координаты точки C удовлетворяют системе уравнений:

$$\begin{cases} x + 3y = 24 \\ 3x + 2y = 23 \end{cases}$$

Решая эту систему уравнений находим, что $C = (3; 7)$. $O = (0; 0)$.

Подсчитаем теперь значения, которые принимает функция прибыли в вершинах пятиугольника:

$$F(O) = F(0; 0) = 200 \cdot 0 + 300 \cdot 0 = 0;$$

$$F(A) = F(6; 0) = 200 \cdot 6 + 300 \cdot 0 = 1200;$$

$$F(B) = F(5; 4) = 200 \cdot 5 + 300 \cdot 4 = 2200;$$

$$F(C) = F(3; 7) = 200 \cdot 3 + 300 \cdot 7 = 2700;$$

$$F(D) = F(8; 0) = 200 \cdot 8 + 300 \cdot 0 = 1600.$$

Таким образом, наибольшая прибыль достигается в точке $C(3; 7)$, и оптимальный план имеет вид $(x, y) = (3; 7)$.

Ответ: Наибольшая прибыль 2700 рублей достигается при выпуске 3-х компьютерных столов I-го вида и 7 компьютерных столов II-го вида.

Практическое занятие № 5.

Решение задач линейного программирования с помощью MS Excel.

Цель: формирование умений решения задач линейного программирования MS Excel.

Условие транспортной задачи:

Для строительства четырех объектов используется кирпич, изготавливаемый на трех заводах. Ежедневно каждый из заводов может изготовить 100, 150 и 50 условных единиц кирпича (предложение поставщиков). Потребности в кирпиче на каждом из строящихся объектов ежедневно составляют 75, 80, 60 и 85 условных единиц (спрос потребителей). Тарифы перевозок одной условной единицы кирпича с каждого из заводов к каждому из строящихся объектов задаются матрицей транспортных расходов C .

	6	7	3	5
[1	2	5	6]	
8	10	20	1	

Требуется составить такой план перевозок кирпича к строящимся объектам, при котором общая стоимость перевозок будет минимальной.

Решение транспортной задачи в Microsoft Excel.

Для решения транспортной задачи с использованием EXCEL необходимо:

1. Ввести исходные данные в ячейки рабочего листа EXCEL;
2. Разметить блоки ячеек на рабочем листе EXCEL, необходимые для моделирования объемов перевозок, а также для формирования элементов математической модели и целевой функции;
3. Сформировать на рабочем листе EXCEL элементы математической модели и целевую функцию;
4. Настроить программу "Поиск решения" и выполнить ее.

1. Введем исходные данные.

Исходными данными для решения транспортной задачи являются:

- матрица транспортных расходов;
- предложение поставщиков;
- спрос потребителей;

Рабочий лист EXCEL с введенными исходными данными для решения транспортной задачи имеет вид:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Матрица транспортных расходов					Предложения поставщиков	
2		6	7	3	5		100	
3		1	2	5	6		150	
4		8	10	20	1		50	
5								
6	Спрос потребителей	75	80	60	85		Закрытая модель	
7								
8								

2. Разметим блоки ячеек на рабочем листе.

Кроме исходных данных на рабочем листе EXCEL для решения транспортной задачи необходимо предусмотреть:

- блок ячеек "Матрица перевозок", в котором будут моделироваться объемы перевозок;
- блок ячеек "Фактически реализовано", в котором будет моделироваться фактическая реализация продукции;
- блок ячеек "Фактически получено", в котором будет моделироваться фактическое удовлетворение спроса;
- блок ячеек "Транспортные расходы по потребителям", в котором будут подсчитываться транспортные расходы по каждому потребителю;
- ячейку "Итого расходы", в которой будут моделироваться итоговые транспортные расходы по всем потребителям (целевая ячейка).

Рабочий лист EXCEL с размеченными блоками ячеек имеет вид:

	A	B	C	D	E	F	G
1		Матрица транспортных расходов					Предложения поставщиков
2		6	7	3	5		100
3		1	2	5	6		150
4		8	10	20	1		50
5							
6	Спрос потребителей	75	80	60	85		Закрытая модель
7							
8		Матрица перевозок					Фактически реализовано
9		Пот-ль 1	Пот-ль 2	Пот-ль 3	Пот-ль 4		
10	Поставщик 1						
11	Поставщик 2						
12	Поставщик 3						
13							
14	Фактически получено						
15							
16	Транспортные расходы по потребителям					Итого расходы	
17							

3. Сформируем элементы математической модели и целевую функцию

Элементами математической модели транспортной задачи являются следующие суммы:



- фактически реализовано i -ым поставщиком;



- фактически получено j -ым потребителями



В ячейки G10:G12 и B14:E14 введем соответствующие формулы:

Ячейка	Формула
G10	СУММ(B10:E10)
G11	СУММ(B11:E11)
G12	СУММ(B12:E12)
B14	СУММ(B10:B12)
C14	СУММ(C10:C12)
D14	СУММ(D10:D12)
E14	СУММ(E10:E12)

Для формирования целевой функции введем вначале формулы, отражающие

транспортные расходы по каждому потребителю, т.е. формулы: “Транспортные расходы по потребителям”:

В ячейку G16 вводим формулу СУММ(B16:E16).

4. Настроим программу «Поиск решения»



Выполнив «Поиск решения», получим следующий результат:

	A	B	C	D	E	F	G
1		Матрица транспортных расходов					Предложения поставщиков
2			6	7	3	5	100
3			1	2	5	6	150
4			8	10	20	1	50
5							
6	Спрос потребителей	75	80	60	85		Закрытая модель
7							
8			Матрица перевозок				Фактически реализовано
9			Пот-ль 1	Пот-ль 2	Пот-ль 3	Пот-ль 4	
10	Поставщик 1		0	5	60	35	100
11	Поставщик 2		75	75	0	0	150
12	Поставщик 3		0	0	0	50	50
13							
14	Фактически получено	75	80	60	85		
15							
16	Транспортные расходы по потребителям	75	185	180	225	Итого расходы	665

Практическое занятие № 6

Оптимизация логистических систем графовыми методами

Цель: формирование умений применять оптимизационные методы теории графов для решения задач логистики.

Задания:

1. У Базы в точке Б имеется в распоряжении транспортные средства грузоподъемностью: 1000, 600, 200, 10 тонн. В точки А, С, Д требуется доставить 1200, 85 и 20 тонн груза соответственно.

Стоимость перевозок сухогрузами:

- 1000 тонн – 60 000 рублей/сутки;
- 600 тонн – 35 000 рублей/сутки;
- 200 тонн – 24 000 рублей/сутки.



Рисунок 6.1- Изображения Графа

Необходимо составить графы возможных решений и найти наиболее выгодные варианты с экономической точки зрения для Изображения Графа на рис. 6.1.

2. Перечислите атрибуты теории графов. Укажите основные способы задания графов и отметьте связь с моделями цепей поставок и систем логистики.

3. Что представляют собой эйлеровы циклы и эйлеровы графы? Сформулируйте теорему Эйлера. Какие задачи оптимизации цепей поставок можно решать на основе этой теоремы?

4. Отметьте специфику гамильтоновых циклов и гамильтоновых графов. Укажите достаточные условия их существования и особенности соответствующих задач оптимизации цепей поставок.

Тест:

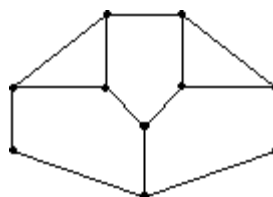
1. Дан граф G:



Для того, чтобы граф обладал эйлеровым циклом, необходимо и достаточно, чтобы:

- а) степени всех вершин были нечетными
- б) степени ровно двух вершин были четными
- в) степени всех вершин были четными
- г) степени ровно двух вершин были нечетными

2. На рисунке изображен парк, разделенный на несколько частей заборами. Можно ли прогуляться по парку и его окрестностям так, чтобы перелезть через каждый забор ровно 1 раз?



- А. Да
- Б. Нет

3. Имеется группа островов, соединенных мостами так, что от каждого острова можно добраться до любого другого. Турист обошел все острова, пройдя по каждому мосту ровно 1 раз. На острове Троекратном он побывал трижды. Сколько мостов ведет с Троекратного, если турист

- А. не с него начал и не на нем закончил?
- Б. с него начал, но не на нем закончил?
- В. с него начал и на нем закончил?

4. В государстве 100 городов к из каждого города выходит 4 дороги. Сколько всего дорог в государстве.

- А. 200
- Б. 150
- В. 100

5. В стране Цифра есть 9 городов с названиями 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Путешественник обнаружил, что два города соединены авиалинией в том и только в том случае, если двузначное число, образованное названиями городов, делится на 3. Можно ли долететь по воздуху из города 1 в город 9 ?

- А. да
- Б. нет

6. В городе Маленьком 15 телефонов. Можно ли их соединить проводами так, чтобы каждый телефон был соединен ровно с пятью другими?

- А. Соединить телефоны таким образом невозможно.
- Б. Соединить телефоны таким образом возможно.

Практическое занятие № 7

Моделирование логистических систем с использованием теории массового обслуживания

Цель: формирование умений решать задачи в системах массового обслуживания.

Методические указания.

В системах массового обслуживания (СМО) имеются каналы обслуживания, через которые в процессе обработки проходят заявки. Заявки обслуживаются каналами.

Каналы могут быть разными по назначению, характеристикам, они могут сочетаться в разных комбинациях.

Заявки могут находиться в очередях и ожидать обслуживания. Часть заявок может быть обслужена каналами, а часть – получить отказ.

Заявки могут приходить неравномерно, каналы могут обслуживать разные заявки за разное время и так далее, количество заявок всегда весьма велико. Все это делает такие системы сложными для изучения и управления, и проследить все причинно-следственные

связи в них не представляется возможным. Поэтому принято представление о том, что обслуживание в сложных системах носит случайный характер.

Примерами СМО могут служить: автобусный маршрут и перевозка пассажиров; производственный конвейер по обработке деталей; влетающая на чужую территорию эскадрилья самолетов, которая «обслуживается» зенитками ПВО; ствол и рожок автомата, которые «обслуживают» патроны; электрические заряды, перемещающиеся в некотором устройстве и т. д.

Перечислим некоторые основные понятия СМО.

Каналы – то, что обслуживает; бывают горячие (начинают обслуживать заявку в момент ее поступления в канал) и холодные (каналу для начала обслуживания требуется время на подготовку).

Заявки – входят в систему, обслуживаются или получают отказ, покидают систему обслуженными или неудовлетворенными. Бывают нетерпеливые заявки – такие, которым надоело ожидать или находиться в системе и которые покидают СМО по собственной воле. Заявки образуют потоки – поток заявок на входе системы, поток обслуженных заявок, поток отказанных заявок.

Очереди характеризуются правилами стояния в очереди (дисциплиной обслуживания), количеством мест в очереди (сколько заявок максимум может находиться в очереди), структурой очереди (связь между местами в очереди). Бывают ограниченные и неограниченные очереди.

Существуют следующие дисциплины обслуживания очереди:

1) FIFO (First In, First Out – первым пришел, первым ушел): если заявка первой пришла в очередь, то она первой уйдет на обслуживание.

2) LIFO (Last In, First Out – последним пришел, первым ушел): если заявка последней пришла в очередь, то она первой уйдет на обслуживание (пример – патроны в рожке автомата).

3) SF (Short Forward – короткие вперед): в первую очередь обслуживаются те заявки из очереди, которые имеют меньшее время обслуживания.

Пример1. Нотариальная контора представляет собой одноканальную СМО. Число мест в комнате ожидания очереди к нотариусу ограничено и равно двум. Если все места в комнате ожидания заняты, то вновь прибывающий клиент в очередь не становится. Потом клиентов, прибывающих на консультацию, является простейшим с интенсивностью $\lambda = 8$ клиентов в час. Время обслуживания распределено по экспоненциальному закону со средним временем обслуживания $t = 7$ мин.

Определить вероятностные характеристики нотариальной конторы, работающей в стационарном режиме.

Решение:

1. Сначала определим интенсивность потока обслуживания клиентов. Результат получим в такой же размерности, что и λ :

$$\mu = \frac{1}{t} = \frac{1}{7/60} = 8.571$$

2. Коэффициент использования СМО рассчитаем как отношение интенсивности λ и μ :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{8}{8.571} = 0.933$$

3. Вычислим вероятность наличия в СМО k клиентов

$$P_0 = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{m+2}} = \frac{1 - 0.933}{1 - 0.933^4} \approx 0.276$$

$$P_1 = \rho P_0 = 0.933 * 0.276 \approx 0.258$$

$$P_2 = \rho^2 P_0 = 0.933^2 * 0.276 \approx 0.241$$

$$P_3 = p^3 P_0 = 0.933^3 * 0.276 \approx 0.225$$

4. Вероятность отказа в обслуживании клиентов:

$$P_{\text{отк}} = P_{m+1} = 0.255$$

5. Относительная пропускная способность нотариальной конторы:

$$Q = P_{\text{сис}} = 1 - P_{\text{отк}} = 1 - 0.225 = 0.775$$

6. Абсолютная пропускная способность нотариальной конторы, клиентов в час:

$$A = \lambda * Q = 8 * 0.775 = 6.2$$

7. Среднее число клиентов, находящихся в очереди:

$$\bar{N}_{\text{оч}} = P_0 \frac{p^2 [1 - p^m (m + 1 - mp)]}{(1 - p^{m+2})(1 - p)} = 0.276 \frac{0.933^2 [1 - 0.933^2 (2 + 1 - 2 * 0.933)]}{(1 - 0.933^4)(1 - 0.933)} \approx 0.69$$

8. Среднее число клиентов, находящихся на обслуживании:

$$\bar{N}_{\text{об}} = pQ = 0.933 * 0.775 \approx 0.72$$

9. Среднее число клиентов, находящихся в системе:

$$\bar{N}_{\text{сис}} = \bar{N}_{\text{оч}} + \bar{N}_{\text{об}} = 0.69 + 0.72 = 1.41$$

10. Среднее время пребывания клиента в очереди, мин:

$$T_{\text{оч}} = \frac{\bar{N}_{\text{оч}}}{\lambda P_{\text{сис}}} = \frac{0.69}{8 * 0.775} = 0.1113 \text{ч} = 6.68$$

11. Среднее время пребывания клиента в системе, мин:

$$T_{\text{сис}} = \frac{\bar{N}_{\text{сис}}}{\lambda P_{\text{сис}}} = \frac{1.41}{8 * 0.775} = 0.228 \text{ч} = 13.68$$

Работу рассмотренной нотариальной конторы можно считать удовлетворительной, так как она не обслуживает клиентов в среднем в 22.5% случаев ($P_{\text{сис}} = 0.225$). С помощью аналитического расчета можно показать, что за счет введения дополнительного места в очереди можно уменьшить вероятность отказа в обслуживании до 17%.

Пример2. Нотариальная контора представляет собой двухканальную СМО. Число мест в комнате ожидания очереди к нотариусу ограничено и равно трем. Если все места в комнате ожидания заняты, то вновь прибывший клиент в очередь не становится. Поток клиентов, прибывающий на консультацию, является простейшим с интенсивностью $\lambda = 12$ клиентов в час. Время обслуживания распределено по экспоненциальному закону со средним временем обслуживания $t = 7$ мин.

Определить вероятностные характеристики нотариальной конторы, работающей в стационарном режиме.

Решение:

1. Интенсивность потока обслуживания клиентов, клиентов в час:

$$\mu = \frac{1}{t} = \frac{1}{7} * 60 = 8.571$$

2. Коэффициент нагрузки СМО:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{12}{8.571} = 1.4$$

3. Коэффициент нагрузки СМО на один канал:

$$= \frac{\rho}{n} = \frac{1,4}{2} = 0,7$$

4. Вероятности наличия в СМО k клиентов:

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^n \frac{n^k}{k!} + \frac{n^{n+1}}{n!} \frac{(1 - \frac{\rho}{n})^{-1}}{1 - \frac{\rho}{n}} \right]^{-1} = \left[\sum_{k=0}^2 \frac{2^k}{k!} 0,7^k + \frac{2^2}{2!} \frac{0,7^{2+1} (1 - 0,7^3)^{-1}}{1 - 0,7} \right]^{-1} \approx 0,205;$$

$$P_1 = \frac{n^1}{1!} P_0 = \frac{2^1}{1!} 0,7^1 * 0,205 \approx 0,287;$$

$$P_2 = \frac{n^2}{2!} P_0 = \frac{2^2}{2!} 0,7^2 * 0,205 \approx 0,201;$$

$$P_3 = \frac{n^3}{3!} P_0 = \frac{2^3}{3!} 0,7^3 * 0,205 \approx 0,140;$$

$$P_4 = \frac{n^4}{4!} P_0 = \frac{2^4}{4!} 0,7^4 * 0,205 \approx 0,098;$$

$$P_5 = \frac{n^5}{5!} P_0 = \frac{2^5}{5!} 0,7^5 * 0,205 \approx 0,069;$$

5. Вероятность отказа в обслуживании клиентов:

$$P_{\text{отк}} = P_{m+n} = 0,69$$

6. Относительная пропускная способность нотариальной конторы:

$$Q = P_{\text{сис}} = 1 - P_{\text{отк}} = 1 - 0,069 = 0,931$$

7. Абсолютная пропускная способность нотариальной конторы, клиентов час:

$$A = \lambda Q = 12 * 0,931 = 11,17$$

8. Среднее число клиентов, находящихся в очереди:

$$\overline{N_{\text{оч}}} = \frac{n^n}{n!} \frac{1 - (m+1) \frac{\rho}{n} + m \frac{\rho^{m+1}}{(1 - \frac{\rho}{n})^2}}{n!} P_0 = \frac{2^2}{2!} 0,7^{2+1} \frac{1 - (3+1)0,7^3 + 3 * 0,7^{3+1}}{(1 - 0,7)^2} 0,205 \approx 0,554$$

9. Среднее число клиентов, находящихся на обслуживании:

$$\overline{N_{\text{об}}} = \rho Q = 1,4 * 0,931 = 1,303$$

10. Среднее число клиентов, находящихся в системе:

$$\overline{N_{\text{сис}}} = \overline{N_{\text{оч}}} + \overline{N_{\text{об}}} = 0,544 + 1,303 = 1,847$$

11. Среднее время пребывания клиента в очереди, мин:

$$\overline{T_{\text{оч}}} = \frac{\overline{N_{\text{оч}}}}{\lambda P_{\text{сис}}} = \frac{0,544}{12 * 0,931} = 0,048 \text{ ч} = 2,92$$

12. Среднее время пребывания клиента в системе, мин:

$$\overline{T_{\text{сис}}} = \frac{\overline{N_{\text{сис}}}}{\lambda P_{\text{сис}}} = \frac{1,847}{12 * 0,931} = 0,165 \text{ ч} = 9,92$$

Работу рассмотренной нотариальной конторы можно считать удовлетворительной, так как она не обслуживает клиентов в среднем всего в 6,9% случаев ($P_{\text{отк}}=0,069$).

Варианты заданий:

1. Одноканальная СМО с отказами представляет собой одну телефонную линию. Заявка, пришедшая в момент, когда линия занята, получает отказ. Все потоки событий простейшие. Интенсивность потока $\lambda = 0,95$ вызова в минуту. Средняя продолжительность разговора $t=1$ мин. Определите вероятностные характеристики СМО в установившемся режиме работы.

2. В одноканальную СМО с отказами поступает простейший поток с интенсивностью $\lambda = 0,5$ заявки в минуту. Время обслуживания заявки имеет показательное распределение с $t = 1,5$ мин. Определите вероятностные характеристики СМО в установившемся режиме работы.

3. В вычислительном центре работают пять персональных компьютеров. Простейший поток задач, поступающих на вычислительный центр, имеет интенсивность $\lambda = 10$ задач в час. Среднее время решения задачи равно 12 мин. Заявка получает отказ, если все компьютеры заняты. Найдите вероятностные характеристики системы обслуживания.

4. В аудиторскую фирму поступает простейший поток заявок на обслуживания с интенсивностью $\lambda = 1.5$ заявки в день. Время обслуживания распределено по показательному закону и равно в среднем трем дням. Аудиторская фирма располагает пятью независимыми бухгалтериями, выполняющими аудиторские проверки. Очередь заявок неограниченна. Определите вероятностные характеристики аудиторской фирмы как СМО, работающей в стационарном режиме.

5. На пункт техосмотра поступает простейший поток заявок интенсивностью $\lambda = 4$ машины в час. Время осмотра распределено по показательному закону и равно в среднем 17 мин, в очереди может находиться не более пяти автомобилей. Определите вероятностные характеристики пункта техосмотра в установившемся режиме.

6. В бухгалтерии предприятия имеются два кассира, каждый из которых может обслужить в среднем 30 сотрудников в час. Поток сотрудников, получающих заработную плату, - простейший, с интенсивностью, равной 40 сотрудников в час. Очередь в кассе не ограничена. Время обслуживания подчинено экспоненциальному закону распределения. Вычислите вероятностные характеристики СМО в стационарном режиме и определите целесообразность приема третьего кассира на предприятие, работающего с такой же производительностью, как и первые два.

7. В инструментальном отделении сборочного цеха работают три кладовщика. В среднем за 1 мин за инструментом проходят 0,8 рабочих. Обслуживание одного рабочего занимает у кладовщика $t=1,0$ мин. Очередь не имеет ограничений. Известно, что поток рабочих за инструментом - пуассоновской, а время обслуживания подчинено экспоненциальному закону распределения. Стоимость 1 мин работы рабочего равна 30 д.е. а кладовщика - 15 д.е. Найдите средние потери цеха при данной организации обслуживания в инструментальном отделении при стационарном режиме работы.

8. Билетная касса работает без перерыва. билеты продает один кассир. Среднее время обслуживания - 2 мин на каждого человека. Среднее число пассажиров, желающих приобрести билеты в кассе в течение одного часа, $\lambda = 20$ пассажиров в час. Все потоки в системе простейшие. Определите характеристики СМО в условиях стационарного режима работы кассы.

9. Пост диагностики автомобилей представляет собой одноканальную СМО с отказами. Заявка на диагностику, поступающая в момент, когда пост занят, получает отказ. Интенсивность потока заявок на диагностику $\lambda = 0,5$ автомобиля в час. Средняя продолжительность диагностики $t=1,2$ ч. Все потоки событий в системе простейшие. Определите в установившемся режиме характеристики системы.

10. Автозаправочная станция представляет собой СМО с одним каналом обслуживания и одной колонкой. Площадка при АЗС допускает пребывание в очереди на

заправку не более трех автомобилей одновременно. Если в очереди уже находится три автомобиля, очередной автомобиль, прибывший к станции, в очередь не становится, а проезжает мимо. Поток автомобилей, прибывающих для заправки, имеет интенсивность $\lambda = 0,7$ автомобиля в минуту. Процесс заправки продолжается в среднем 1,25 мин. Все потоки простейшие. Определите вероятностные характеристики СМО в стационарном режиме.

11. На железнодорожную сортировочную горку прибывают составы с интенсивностью $\lambda=2$ состава в час. Среднее время, в течение которого горка обслуживает состав, равно 0,4 ч. Составы, прибывающие в момент, когда занята, становятся в очередь и ожидают в парке прибытия, где имеются три запасных пути, на каждом из которых может ожидать один состав. Состав, прибывший в момент, когда все три запасных пути в парке прибытия заняты, становятся в очередь на внешний путь. Все потоки событий простейшие. Определите характеристики СМО в условиях стационарного режима работы.

12. Рассматривается работа АЗС, на которой имеются три заправочных колонки. Заправка одной машины длится в среднем 3 мин. В среднем на АЗС каждую минуту прибывает машина, нуждающаяся в заправке бензина. Число мест в очереди не ограничено. Все машины, вставшие в очередь на заправку, дожидаются своей очереди. Все потоки в системе простейшие. Определите вероятностные характеристики работы АЗС в стационарном режиме.

13. На станцию технического обслуживания автомобилей каждые два часа подъезжает в среднем одна машина. Станция имеет шесть постов обслуживания. Очередь автомобилей, ожидающих обслуживания, не ограничена. Среднее время обслуживания одной машины – 2 ч. Все потоки в системе простейшие. Определите характеристики станции технического обслуживания автомобилей.

14. Имеется двухканальная простейшая СМО с отказами. На ее вход поступает поток заявок с интенсивностью $\lambda=3$ заявки в час. Среднее время обслуживания одной заявки $t=0,5$ ч. Каждая обслуженная заявка приносит доход 5 д.е./ч. Содержание канала обходится в 3 д.е./ч. Решите, выгодно ли в экономическом отношении увеличить число каналов СМО до трех.

15. В магазине работает один продавец, который может обслужить в среднем 30 покупателей в час. Поток покупателей простейший с интенсивностью, равной 60 покупателей в час. Все покупатели «нетерпеливые» и уходят, если в очереди стоит пять человек (помимо обслуживаемых). Все потоки событий простейшие. Определите характеристики магазина для стационарного режима работы.

16. На вход телефонной станции, имеющей девять каналов обслуживания, поступает в среднем 120 заявок в час. Заявка получает отказ, если все каналы заняты. Среднее время обслуживания в одном канале равно 4 мин. Все потоки в системе простейшие. Определите характеристики телефонной станции.

17. Рассматривается работа АЗС, на которой имеется пять заправочных колонок. Заправка одной машины длится в среднем 4 мин. В среднем на АЗС каждую минуту прибывает машина, нуждаются в заправке бензином. Число мест в очереди не ограничено. Все машины, вставшие в очередь, дожидаются своей очереди. Все потоки событий простейшие. Определите вероятностные характеристики АЗС для стационарного режима.

18. Подсчитайте вероятностные характеристики для простейшей одноканальной СМО с тремя местами в очереди при условиях $\lambda=4$ заявки в час, $t=0,5$ ч. Выясните, как эти характеристики изменятся, если увеличить число мест в очереди до четырех.

19. Одноканальная СМО – ЭВМ, на которую поступают заявки на расчеты. Поток заявок простейший со средним интервалом времени между заявками $t=10$ мин. Время обслуживания распределено по экспоненциальному закону с математическим ожиданием $t=8$ мин. Определите среднее число заявок в СМО, среднее время пребывания заявки в системе и в очереди.

20. Система массового обслуживания – билетная касса с тремя окошками (с тремя кассирами) и неограниченной очередью. Пассажиров, желающих купить билет, приходит в среднем пять человек за 20 мин. Поток пассажиров можно считать простейшим. Кассир в среднем обслуживает трех пассажиров за 10 мин. Время обслуживания подчинено показательному закону распределения. Определите вероятностные характеристики СМО в стационарном режиме.

Практическое занятие № 8

Анализ информационных потоков и представление решений

Цель: использование логистических информационных потоков и технологии автоматизированной идентификации штриховых товарных кодов на предприятиях торговли.

Краткие теоретические сведения.

Логистическая информационная система – взаимосвязанная совокупность средств, методов и персонала, используемых для хранения, обработки, передачи на соответствующий иерархический уровень и выдачи информационных ресурсов логистики ИЦП в интересах достижения поставленной цели.

Логистические информационные системы представляют собой информационные сети, которые обычно разделяются на три группы:

Первая – информационные системы для принятия долгосрочных решений о структурах и стратегиях (так называемые плановые системы). Они служат главным образом для создания и оптимизации звеньев логистической цепочки. Для плановых систем характерна пакетная обработка задач. Среди решаемых задач могут быть следующие:

- создание и оптимизация звеньев логистической цепи;
- управление условно-постоянными, т.е. малоизменяющимися данными;
- планирование производства;
- общее управление запасами;
- управление резервами и другие задачи.

Вторая – информационные системы для принятия решений на среднесрочную и краткосрочную перспективу (так называемые диспозитивные или диспетчерские системы). Они направлены на обеспечение отлаженной работы логистических систем. Речь идет, например, о распоряжении (диспозиции) внутризаводским транспортом, запасами готовой продукции, обеспечении материалами и подрядными поставками, запуске заказов в производство. Некоторые задачи могут быть обработаны в пакетном режиме, другие требуют интерактивной обработки (on-line) из-за необходимости использовать как можно более актуальные данные. Диспозитивная система подготавливает все исходные данные для принятия решений и фиксирует актуальное состояние системы в базе данных.

Третья – информационные системы для исполнения повседневных дел (так называемые исполнительные системы). Они используются главным образом на административном и оперативном уровнях управления, но иногда содержат также некоторые элементы краткосрочной диспозиции. Особенно важны для этих систем скорость обработки и фиксирование физического состояния без запаздывания (т.е. актуальность всех данных), поэтому они в большинстве случаев работают в режиме on-line.

Штрих-коды самая известная из всех технологий автоматической идентификации. В настоящее время штриховые коды системы GS1 лежат в основе всемирной многоотраслевой коммуникационной системы, создание которой обеспечивается двумя крупнейшими специализированными международными организациями - GS1 и AIM Global.

Штриховой код символики EAN/UPC, представленный семейством символов EAN-8, EAN-13, UPC-A, UPC-E, предназначен для кодирования цифровой информации и является одним из основных машиночитаемых носителей, данных в рамках международной системы GS1.

Символики штрихового кода Code 128 (Код 128) и Code 39 (Код 39), наряду с символиками EAN/UPC и Interleaved 2 of 5 (2 из 5 чередующийся) в настоящее время являются самыми распространенными в мире среди линейных символов, в которых символ представлен последовательностью знаков символа штрихового кода, выстроенных в одну линию. Но в отличие от EAN/UPC и Interleaved 2 of 5 эти символики позволяют кодировать не только цифровую информацию, но и данные, содержащие латинские буквы и специальные графические знаки.

Новое растущее направление в мире штрих-кодов – это двумерные коды. Символ с многострочной символикой состоит из двух и более смежных по вертикали строк знаков символа штрихового кода. В отличие от традиционных линейных символов штрихового кода, которые позволяют представлять в символе штрихового кода короткую последовательность данных, являющуюся, как правило, ключом к записи во внешней базе данных, многострочные символики позволяют кодировать информацию в полном объеме. Кроме того, многострочные символики включают в себя специальные механизмы по сжатию данных (защите их от повреждения, связыванию информации), представленных в нескольких символах, в один большой файл; представлению различных наборов знаков в одном сообщении. Примерами таких кодов являются PDF 417, MaxiCode, Data Matrix, Aztec Code

Автоматическая идентификация осуществляет автоматическое распознавание, расшифровку, обработку, передачу и запись информации, большей частью с помощью нанесения и считывания информации, закодированной в штрих-коде. Штрих-коды позволяют быстро, просто, и самое главное точно считывать и передавать информацию о тех предметах, которые нуждаются в прослеживании и контроле. Этикетки со штрих-кодами очень легко приклеиваются практически к любой поверхности, а также могут быть нанесены уже непосредственно на тюбики, конверты, коробки, бутылки, упаковки, книги, мебель, карточки и еще на многие предметы, которые нуждаются в идентификации.

Появление систем автоматической идентификации значительно увеличило скорость, эффективность и точность обработки и сбора информации. Первые применения штрих-кодов, такие как точки розничной торговли, контроль за перемещением, проведение инвентаризаций, определили появление более широких отраслей применения, например учет времени посещения, контроль за рабочим процессом, за качеством, сортировкой, перемещением документов, получением и перевозкой грузов, за доступом к секретным участкам, а также многие другие применения.

Прежде всего, развеим несколько мифов, которые сложились вокруг штрих-кодов: это - не гарантия подлинности; там нет информации об экологической чистоте продукта; там нет также указания на цену.

Преимущества штрих-кодов. Со времени появления штрих-кодов ввод информации стал более точным и быстрым, и все процессы, связанные с обработкой информации, стали более быстрыми и точными. Потребуется достаточно много времени для того, чтобы выяснить назначение или текущий статус той или иной работы, инструментов, материалов, или любого перемещающегося предмета. Штрих-коды помогают отслеживать движения товаров и благодаря этому позволяют экономить время, оперативно отвечать на запросы и реагировать на любые изменения.

Система штрих-кодов открывает потрясающие преимущества для любого рода бизнеса. С помощью штрих-кодов сбор и запись информации становятся более быстрыми и точными процессами, что и позволяет снижать цены, сводить к нулю вероятность ошибок, а также упрощать все процессы товарооборота.

Задача 1.

Расшифруйте виды кодов



Задача 2.

Расшифруйте виды кодов



Задача 3.

Расшифруйте виды кодов



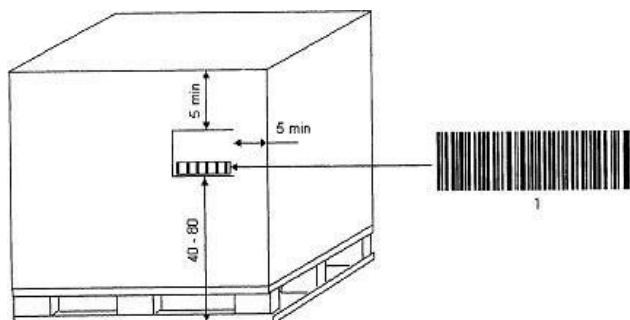
Задача 4.

Какую информацию несет пластиковая карта



Задача 5.

Как и с каких сторон наносится штрих-код?



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
Рекомендуемая литература				
Основная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество
Л1.1	Г. Р. Гарипова	Гарипова, Г. Р. Моделирование логистических систем : учебное пособие https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=713932	Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2022	ЭБС
Л1.2	Н. В. Катаргин, О. Н. Ларин, Ф. Д. Венде	Катаргин, Н. В. Анализ и моделирование логистических систем https://e.lanbook.com/book/279794	Санкт-Петербург : Лань, 2023	ЭБС
Дополнительная литература				
	Авторы,	Заглавие	Издательство, год	Количество
Л2.1	Р. Р. Баширзаде	Баширзаде, Р. Р. Принципы проектирования и функционирования логистических систем : монография https://www.iprbookshop.ru/117216.html	Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2020	ЭБС
Л2.2	Г. Г. Левкин	Левкин, Г. Г. Логистика в цифровых бизнес-системах : учебник https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=724290	Директ-Медиа, 2025	ЭБС
Л2.3	А. А. Яшин, М. Л. Ряшко	Яшин, А. А. Логистика. Основы планирования и оценки эффективности логистических систем : учебное пособие для СПО https://www.iprbookshop.ru/139554.html	рофобразование, Уральский федеральный университет, 2024	ЭБС