

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего профессионального образования**  
**«Государственный университет управления»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**к проведению практических занятий**  
**по**  
**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**  
**ЛОГИСТИКА**

**для бакалавров по направлению подготовки**  
**экономика - 080200**

**Москва – 2014**

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1.

### ЛОГИСТИКА ЗАКУПОК, ПРОИЗВОДСТВА И ЗАПАСОВ.

Тема: Календарный метод планирования материальных потребностей  
(система MRP I)

**Цель занятия:** изучение теоретических основ планирования потребности в предметах в условиях зависимого спроса (система MRP I). Получение практических навыков в применении методики этой системы на примере выполнения календарно – плановых расчетов запуска в производство и выпуска готовых изделий, деталей и сборочных единиц собственного изготовления, выдачи и выполнения заказов на закупку компонентов на стороне (во внешней среде предприятия).

**Методика проведения занятия:** изучение каждым студентом учебной группы способа осуществления календарно-плановых расчетов, реализуемого системой MRP I. Индивидуальное осуществление календарно – плановых расчетов потребностей предприятия в компонентах собственного изготовления и покупных по методу MRP I, необходимых для выпуска готовой продукции, по предложенному преподавателем варианту исходных данных.

**Теоретическая часть.** На практике очень часто наблюдается *зависимый спрос*, то есть спрос на определенное изделие оказывает влияние на спрос на другое изделие. В этом случае в управлении запасами используется так называемое *планирование потребности в материалах MRP* (Material requirement planning).

При применении этого подхода запасы обычно низкие, но повышаются, когда заказы доставляются непосредственно перед началом выполнения операций. После этого запас расходуется во время производства и снова снижается до обычного низкого уровня.

Цель модели MRP – сокращение запасов, поддержка высокого уровня оказания услуг и координация графика доставки и деятельности по производству и закупке.

Использование модели MRP требует наличия производственного графика (что должно быть сделано и когда), учетной документации по

запасам (что на складе), материалов в заявке (что заказано), времени (как много его требуется для получения компонентов).

Перечень предметов – компонентов (готовых изделий, деталей и сборочных единиц собственного изготовления; покупных изделий и материалов) для каждого конечного продукта указывается в виде *структурного дерева*.

Структурное дерево делится на *уровни* и наглядно демонстрирует черты зависимой потребности. Каждая единица имеет свой номер в зависимости от уровня детализации, показывающего, когда он включается в процесс.

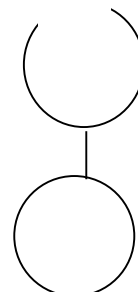
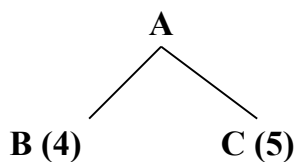
Готовый продукт имеет уровень 0. Уровень 1 – это составляющие, из которых непосредственно можно произвести единицу уровня 0. Составляющие уровня 2 используются для производства составляющих уровня 1 и т. д. Цифры в скобках указывают число составляющих этого вида, необходимое для производства единицы продукции предыдущего уровня.

Рассмотрим модель MRP на следующем примере.

**Пример** Предприятие получило заказ на поставку через 5 недель 40 изделий А. Для производства одного изделия А требуется 4 изделия В и 5 изделий С. Время выполнения заказов на изделия В и С равно соответственно 2 и 3 недели. Производство изделий А занимает одну неделю. В настоящее время у предприятия есть 6 изделий А, 10 изделий В и 7 изделий С. Изобразим структурное дерево и определим, когда предприятию следует отправить заказы на поставку изделий В и С.

Структурное дерево процесса имеет следующий вид:

Уровни



Заполним таблицу 1  
Уровень 0 – изделие А.

Неделя	1	2	3	4	5
Общая (полная) потребность					40
Наличный запас	6	6	6	6	6
Чистая потребность					34
Выпуск (Окончание производства)					34

Запуск (Начало производства)				34	
------------------------------	--	--	--	----	--

Поясним, как заполняется таблица.

Чистая потребность = общая потребность минус запас. Полученное значение запишем в строке Выпуск (Окончание производства). Так как производство изделий А занимает одну неделю, то число 34 запишем в строке Запуск (Начало производства) на 4-й неделе.

Заполним таблицу 2

Уровень 1 – изделие В.

Неделя	1	2	3	4	5
Общая (полная) потребность				$34 \times 4 = 136$	
Наличный запас	10	10	10	10	
Чистая потребность				126	
Выпуск (Выполнение заказа)				126	
Запуск [Выдача (оформление) заказа на поставку покупного изделия]		126			

Заполним таблицу 3

Уровень 1 – изделие С.

Неделя	1	2	3	4	5
Общая (полная) потребность				$34 \times 5 = 170$	
Наличный запас	7	7	7	7	
Чистая потребность				163	
Выпуск (Выполнение заказа)				163	
Запуск (Выдача заказа)	163				

Получаем окончательное расписание. Выдача (оформление) заказа на 163 изделия С на 1-й неделе. Выдача заказа на 126 изделий В на 2-й неделе. Запуск в производство 34 изделий А на 4-й неделе, а выпуск – на 5-й неделе.

Типовой календарный метод планирования MRP (Material requirement planning) состоит из ряда логически связанных процедур, преобразующих план выпуска товарной продукции предприятия в последовательность потребных для ее изготовления (выпуска) определенных количеств предметов – компонентов (готовых изделий, деталей и сборочных единиц собственного изготовления; покупных изделий и материалов) во времени. Планирование осуществляется на некоторый установленный период времени, называемый горизонтом планирования, который разбит на равные интервалы планирования. Например, горизонт планирования может быть месяц или два месяца и т.д., а интервал планирования неделя.

Данный метод реализует следующие зависимые процедуры:

- вычисление общих (полных) потребностей в предметах по интервалам горизонта планирования;
- вычисление чистых потребностей в предметах;
- смещение потребностей.

В процессе функционирования системы MRP I осуществляется поуровневое разузлование включенных в план выпуска товарной продукции предметов производства, имеющих древовидную структуру, включающую входящие в эти предметы составные части – компоненты (изделия, детали и сборочные единицы собственного изготовления; покупные изделия и материалы) с определенной применимостью (с определенным количеством каждой компоненты нижестоящего уровня требуемым для компоненты вышестоящего уровня). В ходе разузлования включенных в план выпуска товарной продукции предметов производства осуществляется:

вычисление общих (полных) потребностей в предметах и их компонентах по интервалам горизонта планирования с учетом плановых количеств к выпуску предметов, применимости компонентов в предметах и применимости компонентов нижестоящего (последующего) уровня в компонентах вышестоящего (предыдущего) уровня, заимствования оригинальных (первой применимости) предметов или компонентов для изготовления других предметов либо оригинальных компонентов для изготовления других компонентов одноименного (того же) предмета. *При этом, каждая номенклатурная единица плана выпуска товарной продукции предприятия имеет нулевой уровень входимости, то есть, является корневой вершиной графа, отражающего древовидную структуру составляющих эту номенклатурную единицу компонент (предметов). Этот граф отражает связи между составляющими номенклатурную единицу компонентами на различных уровнях «дерева» состава номенклатурной единицы с указанием применимости (требуемого количества) каждой компоненты нижестоящего уровня в компоненте вышестоящего уровня. То есть, является структурной схемой соответствующей номенклатурной единицы плана выпуска товарной продукции предприятия;*

вычисление чистых потребностей в предметах и их компонентах по интервалам горизонта планирования с учетом вычисленных значений общих (полных) потребностей в них и наличных производственных запасов;

смещение чистых потребностей в предметах и их компонентах по интервалам горизонта планирования с учетом длительностей производственных циклов изготовления установленных плановых количеств к изготовлению собственным производством и длительностей циклов поставки покупных изделий и материалов;

смещение общих (полных) потребностей в предметах и их компонентах по интервалам горизонта планирования с учетом опережений их выпуска относительно выпуска соответствующих номенклатурных единиц плана изготовления товарной продукции предприятия.

В результате реализации указанных процедур для каждой номенклатурной единицы плана выпуска товарной продукции предприятия и каждого компонента (предмета) собственного изготовления, входящих в нее, устанавливаются плановые сроки запуска партий предметов (компонентов) в производство и их выпуска, а для каждого покупного компонента, входящего в них, – сроки и размеры выдачи заказов на поставку и получение покупных компонентов – изделий или материалов.

Подытоживая сказанное выше, отметим, что MRP начинается с создания графика выпуска готовой продукции. Этот график преобразуется в график потребностей в изделиях, сборочных единицах, деталях собственного изготовления и покупных предметах (изделиях и материалах), необходимых для производства

конечной продукции в заданный период времени. Для построения графиков необходимых потребностей используются величины производственных циклов изготовления отдельных элементов готовой продукции и величины циклов поставки покупных предметов.

С помощью системы MRP I предприятие решает три взаимосвязанные проблемы: 1) **что** производить или закупать, 2) **в каком количестве** и 3) **когда надо начать и завершить** производство или закупку предметов.

Для функционирования системы MRP I необходимы данные:

- о графике выпуска товарной продукции предприятия;
- о составе выпускаемой товарной продукции предприятием (составе изделий) и основных параметрах сырья, материалов, полуфабрикатов и т.п., необходимых для изготовления товарной продукции предприятия;
- о длительности производственных циклов изготовления элементов товарной продукции и длительности циклов поставки покупных предметов;
- о нормах расхода покупных материалов на единицу изготавливаемой детали, сборочной единицы и готового изделия;
- о наличных запасах товарной продукции, изготавливаемых и покупных предметах.



## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2.

### ЛОГИСТИКА ЗАПАСОВ.

Тема: Управление запасами в логистических системах

**Цель занятия:** изучение теоретических основ управления запасами в логистических системах. Получение практических навыков в применении моделей управления запасами на примерах их использования для выполнения расчетов основных параметров, характеризующих процесс пополнения и расходования предметов в логистических системах в стабильных условиях и в условиях влияния возмущений.

**Методика проведения занятия:** изучение каждым студентом учебной группы моделей управления запасами в стабильных условиях и в условиях влияния возмущений. Индивидуальное осуществление расчетов основных параметров, характеризующих процесс пополнения и расходования предметов в логистических системах в стабильных условиях и в условиях влияния возмущений, по предложенному преподавателем варианту исходных данных.

### Теоретическая часть

**Запасы** – это материальные ценности, ожидающие производственного или личного потребления, форма существования материального потока, имеющая место в определенное время в определенном месте. Управление запасами в организациях осуществляется различными методами и оказывает существенное воздействие на эффективность функционирования организации в целом. С одной стороны, нехватка (дефицит) материалов, комплектующих изделий, готовой продукции может привести к большим убыткам в производстве или потере доли рынка, а с другой – излишние запасы на складах приводят к их моральному устареванию, порче, замораживанию оборотных средств предприятия. Главная цель управления запасами – экономное и бесперебойное удовлетворение потребностей потребителей (клиентов) в определенных предметах в конкретные сроки, измеряемые секундами, минутами, часами, сменами, сутками и прочими календарными единицами времени.

Критериями классификации запасов могут быть два параметра движения материальных потоков — пространство (или место нахождения) и время, а также функция запаса.

**Классификация запасов по месту нахождения.** Все запасы, имеющиеся в экономике, определены как совокупные. Они включают в себя сырье, материалы основные и вспомогательные, полуфабрикаты, детали, готовые изделия, а также запасные части для ремонта средств производства. Основная часть совокупных запасов производства представляет собой предметы производства, входящие в материальный поток на различных стадиях его технологической переработки.

Совокупные запасы производства подразделяются на два вида: *производственные и товарные запасы*.

*Производственные запасы* формируются в организациях-потребителях.

*Производственные запасы* предназначены для производственного потребления. Они должны обеспечивать бесперебойность производственного процесса. Производственные запасы учитываются в натуральных, условно-натуральных и стоимостных измерителях. К ним относятся предметы труда, поступившие к потребителю различного уровня, но еще не использованные и не подвергнутые переработке.

*Товарные запасы* находятся у организаций-изготовителей на складах готовой продукции, а также в каналах сферы обращения. *Товарные запасы* необходимы для бесперебойного обеспечения потребителей материальными ресурсами. Запасы в каналах сферы обращения разбиваются на *запасы в пути* и *запасы на предприятиях торговли*. *Запасы в пути (или транспортные запасы)* находятся на момент учета в процессе транспортировки от поставщиков к потребителям. Каждая отдельная организация в логистической цепочке поставщиков и потребителей является, с одной стороны, организацией-



поставщиком, а с другой — организацией-изготовителем. Следовательно, *производственные и товарные запасы* всегда имеются на предприятии.

**Классификация запасов по исполняемой функции.** По этому критерию *Производственные и товарные запасы* подразделяются на *текущие, подготовительные, страховые, сезонные и переходящие*.

*Текущие запасы* обеспечивают непрерывность снабжения производственного процесса между двумя поставками, а также организаций торговли и потребителей. Текущие запасы составляют основную часть производственных и товарных запасов. Их величина постоянно меняется.

*Подготовительные запасы (или запасы буферные)* выделяются из производственных запасов при необходимости дополнительной их подготовки перед использованием в производстве (сушка леса, например). Подготовительные запасы товарных средств производства формируются в случае необходимости подготовить материальные ресурсы к отпуску потребителям.

*Гарантийные запасы (или запасы страховые)* предназначены для непрерывного снабжения потребителя в случае непредвиденных обстоятельств: отклонения в периодичности и в величине партий поставок от запланированных, изменения интенсивности потребления, задержки поставок в пути. В отличие от текущих запасов размер гарантийных запасов — величина постоянная. При нормальных условиях работы эти запасы неприкосновенны.

*Сезонные запасы* образуются при сезонном характере производства продуктов, их потребления или транспортировки. Сезонные запасы должны обеспечить нормальную работу организации во время сезонного перерыва в производстве, потреблении или в транспортировке продукции.

*Переходящие запасы* — это остатки материальных ресурсов на конец отчетного периода. Они предназначены для обеспечения непрерывности производства и потребления в отчетном и следующем за отчетным периоде до очередной поставки.

**Классификация по времени** позволяет выделить различные количественные уровни запасов. Их соотношение показано на рис. 6.0.

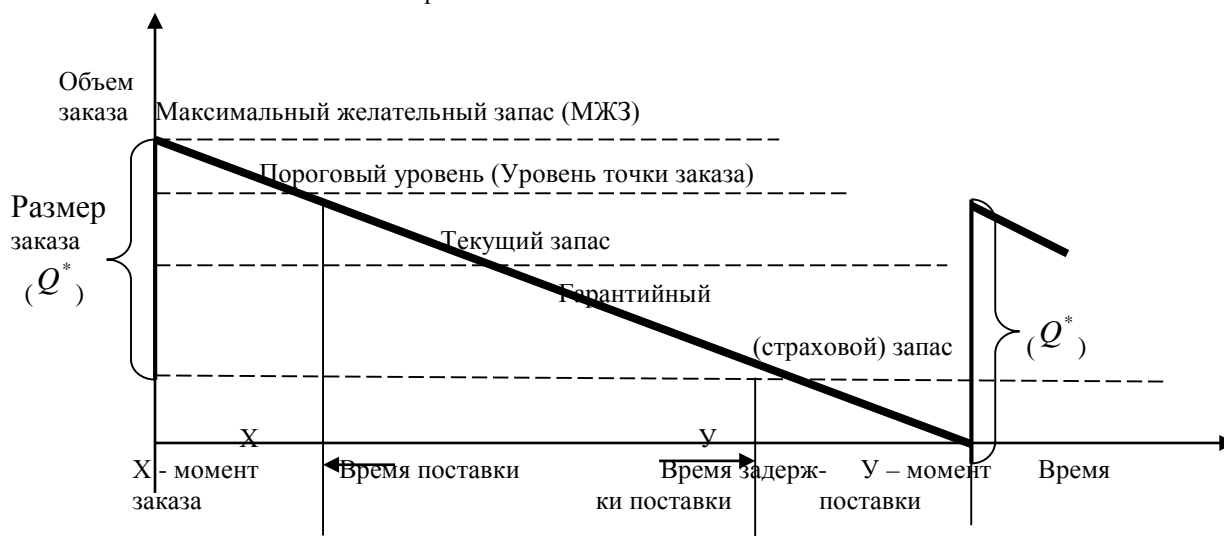


Рис. 6.0. Виды запасов по времени учета

*Максимальный желательный запас* определяет уровень запаса, экономически целесообразный в данной системе управления запасами. Этот уровень может превышать. В различных системах управления максимальный желательный запас используется как ориентир при расчете объема заказа.

*Пороговый уровень (или точка заказа)* запаса используется для определения момента времени выдачи очередного заказа.

*Текущий запас* соответствует уровню запаса в любой момент учета. Он может совпасть с максимальным желательным уровнем, пороговым уровнем или гарантийным запасом.

*Гарантийный запас (или запас страховой)* аналогичен гарантийному запасу в классификации по исполняемой запасом функции и предназначен для непрерывного снабжения потребителя в случае непредвиденных обстоятельств.

Можно также выделить *неликвидные запасы* — так называют длительно неиспользуемые производственные и товарные запасы. Они образуются вследствие ухудшения качества товаров во время хранения, а также морального износа. Это единственный вид запаса, который не соответствует определенным выше критериям.

Логистическая система управления запасами проектируется с целью непрерывного обеспечения потребителя каким-либо видом материального ресурса. Реализация этой цели достигается решением следующих задач:

- учет текущего уровня запаса на складах,
- определение размера гарантийного (страхового) запаса,
- расчет размера заказа,
- расчет издержек на поставку и хранение заказа,
- определение интервала времени между заказами.

Для ситуации, когда отсутствуют отклонения от запланированных показателей и запасы потребляются равномерно, в теории управления запасами разработаны две основные модели управления, которые решают поставленные задачи, соответствуя цели непрерывного обеспечения потребителя материальными ресурсами. Таковыми являются:

1. Модель управления запасами с фиксированным размером заказа.
2. Модель управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами (с фиксированной периодичностью заказа).

### 1. Модель управления запасами с фиксированным размером заказа

Основным параметром этой модели является *размер заказа*. Он может быть вычислен по формуле Вильсона (см. ниже). Его может скорректировать специалист по логистике с учетом оптимальности загрузки транспортного средства, скидок, особенностей промышленной упаковки и т.д.

Модель управления запасами с фиксированным размером заказа предусматривает поступление продуктов равными, заранее определенными оптимальными партиями через изменяющиеся интервалы времени. Заказ на поставку очередной партии дается при уменьшении размера запаса на складе до установленного критического уровня – порогового уровня (точки заказа). Интервалы между поставками очередных партий на склад зависят от интенсивности расходования (потребления) хранимых ресурсов.

Если продукцию заказывают редко, но большими партиями, то возникают затраты, связанные с хранением и порчей продукции, если часто – возникают затраты, связанные с транспортировкой партий небольшого размера, отсутствием скидок и т.д. Поэтому критерием оптимизации в данном случае является *величина совокупных затрат на поставку (повторение) и хранение заказа*, а целевой функцией – *минимизация совокупных затрат*:

$$ITH = \frac{AS}{Q} + \frac{WQ}{2} \rightarrow \min, \quad (6.1)$$

где: ITH - совокупные затраты (издержки) на поставку и хранение заказа, руб.;

$A$  - затраты на поставку единицы заказываемого продукта, руб.;

$S$  - потребность в заказываемом продукте за определенный период, шт.;

$Q$  - размер заказа, шт.;

$W$  - затраты на хранение единицы запаса, руб./шт.;

$\frac{Q}{2}$  - средний размер хранимого запаса, шт.

Решением этой оптимизационной задачи является значение оптимального размера заказа (количества или партии заказываемой продукции), а именно:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{W}}, \quad (6.2)$$

Использование критерия минимизации совокупных затрат на хранение запасов и повторный заказ не имеют смысла, если время исполнения заказа чересчур продолжительно, спрос испытывает существенные колебания, а цены на заказываемые сырье, материалы, полуфабрикаты и пр. сильно колеблются. В таком случае нецелесообразно экономить на содержании запасов. Это вероятнее всего приведет к невозможности непрерывного обслуживания потребителя, что не соответствует цели функционирования логистической

системы управления запасами. Во всех других ситуациях определение оптимального размера заказа обеспечивает уменьшение издержек на хранение запасов без потери качества обслуживания.

*Затраты на поставку заказа* ( $A \times [\text{объем} \text{ _ заказа}]$ ) включают следующие основные элементы:

- стоимость транспортировки заказа;
- затраты на дополнительные условия поставки (страхование, таможенные пошлины и т.д.);
- стоимость контроля исполнения заказа;
- затраты на оформление заказа (документация, телефонные переговоры, а также командировочные расходы, связанные с данной поставкой).

*Затраты на хранение запасов* ( $W \times [\text{объем} \text{ _ заказа}]$ ),

Данная система является наиболее подходящей для запасов со следующими характеристиками:

1. Высокая удельная стоимость предметов снабжения.
2. Высокие издержки хранения материально-технических запасов.
3. Высокий уровень ущерба, возникающего в случае отсутствия запасов.
4. Скидка с цены в зависимости от заказываемого количества.
5. Относительно непредсказуемый или случайный характер спроса.

Формула (2) представляет собой первый вариант формулы Вильсона. Он ориентирован на мгновенное пополнение запаса на складе. В случае если пополнение запаса на складе производится за некоторый промежуток времени, то формула (6.2) корректируется на коэффициент, учитывающий скорость этого пополнения:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{Wk}}, \quad (6.3)$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий скорость пополнения запаса на складе.

Порядок расчета всех параметров модели управления запасами с фиксированным размером заказа приведен в табл. 6.1.

Таблица 6.1

**Расчет параметров модели управления запасами с фиксированным размером заказа**

	Показатель	Расчет
1	Потребность, шт.	Исходные данные (вычисляются на основании плана производства / плана реализации)
2	Оптимальный размер заказа, шт.	$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{W}}$
3	Время поставки, дни	Исходные данные (обычно указываются в договоре на поставку)
4	Возможное время задержки поставки, дни	Исходные данные (рекомендуется брать разумно максимальное время, на которое может быть задержана поставка)
5	Ожидаемое дневное потребление, шт./день	[1]: количество рабочих дней
6	Срок расходования запасов, дни	[2] : [5]
7	Ожидаемое потребление за время поставки	[3] x [5]
8	Максимальное потребление за время поставки, шт.	( [3] + [4] ) x [5]
9	Страховой запас	[8] – [7]
10	Пороговый уровень запасов, шт.	[9] + [7]
11	Максимально желательный объем запасов, шт.	[9] + [2]
12	Срок расходования запасов до порогового уровня	( [11] – [10] ) : [5]

13	Совокупные затраты (издержки) на поставку и хранение заказа, руб.	$ITH = \frac{AS}{Q^*} + \frac{WQ^*}{2}$
----	---	---

Графическая иллюстрация функционирования модели управления запасами с фиксированным размером заказа приведена на рис. 6.1.

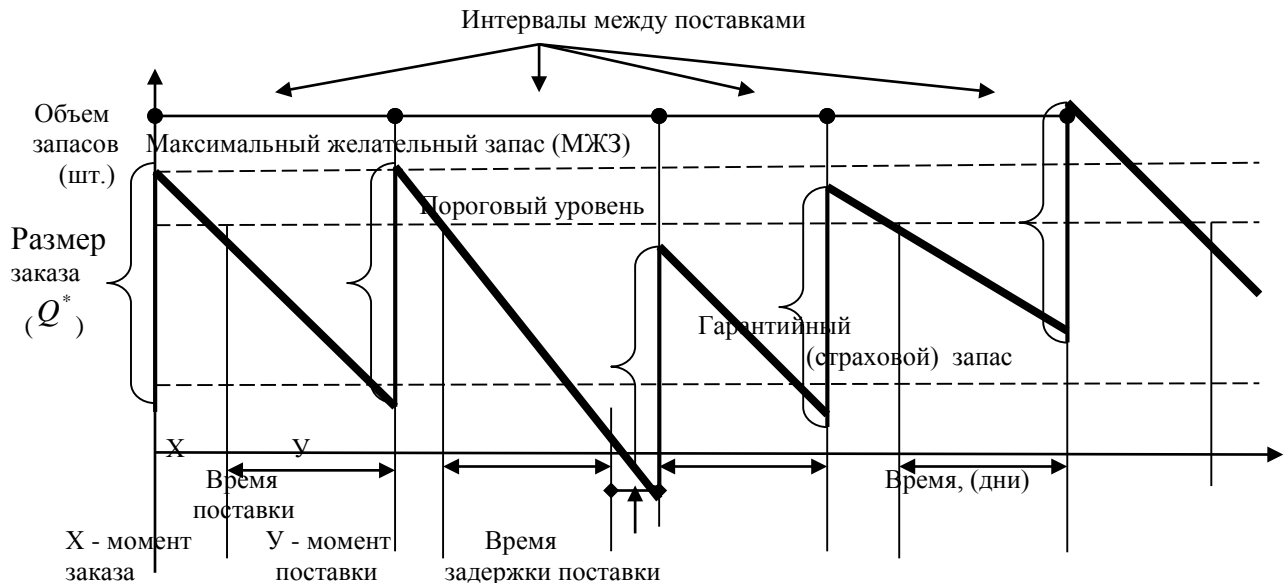


Рис. 6.1. График движения запасов в системе управления запасами с фиксированным размером заказа в условиях колеблющегося спроса

## 6.2. Модель управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами (с фиксированной периодичностью заказа).

Основным параметром этой модели является *интервал поставки*. Он может быть вычислен по формуле:

$$I = \frac{N \times Q^*}{S}, \quad (6.4)$$

где:  $I$  - интервал времени между заказами, дни;

$Q^*$  - оптимальный размер заказа, шт;

$N$  - число рабочих дней в периоде;

$S$  - потребность в заказываемом продукте за определенный период, шт.;

Его может скорректировать специалист по логистике с учетом особенностей логистической системы компании (например, расписания рейсов самолетов, рабочей недели и т.д.).

Модель управления запасами с фиксированной периодичностью предполагает поступление хранимого ресурса через равные, регулярно повторяющиеся промежутки времени (периоды проверки наличия запасов). Для одних видов ресурсов проверка запасов может производиться раз в неделю, для других – раз в месяц, в полугодие и т.п. Наиболее часто проверяются те ресурсы, потребность в которых велика, но запасы поддерживаются на низком уровне.

При каждой проверке запасов определяют наличный остаток (текущий запас), после чего оформляют заказ, размер которого зависит от интенсивности потребления ресурса.

Размер заказа в этой модели определяется по формуле:

$$PЗ = МЖЗ - ТЗ + ОП, \quad (6.5)$$

где:  $PЗ$  – размер заказа, шт.;

$МЖЗ$  – максимальный желательный запас, шт.;

$ТЗ$  – текущий запас, шт.;

$ОП$  – ожидаемое потребление за время поставки, шт.

Данная система более всего подходит для запасов со следующими характеристиками:

- малоценные предметы;
- низкие затраты на хранение материально-технических запасов;
- незначительные издержки, даже если запасы закончились;
- один из многих предметов, закупаемых у одного и того же поставщика;
- скидка с цены зависит от стоимости заказов сразу на несколько предметов;
- относительно постоянный уровень спроса;
- расходные материалы или предметы.

Порядок расчета всех параметров модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами (с фиксированной периодичностью заказа) приведен в табл. 6.2.

Таблица 6.2

**Расчет параметров модели управления запасов с фиксированным интервалом времени между заказами**

	<b>Показатель</b>	<b>Расчет</b>
1	Потребность, шт.	Исходные данные (вычисляются на основании плана производства / плана реализации)
2	Интервал времени между заказами, дни	$I = \frac{N \times Q^*}{S}$
3	Время поставки, дни	Исходные данные (обычно указываются в договоре на поставку)
4	Возможное время задержки поставки, дни	Исходные данные (рекомендуется брать разумно максимальное время, на которое может быть задержана поставка)
5	Ожидаемое дневное потребление, шт./день	[1]: количество рабочих дней
6	Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	[3] x [5]
7	Максимальное потребление за время поставки, шт.	( [3] + [4] ) x [5]
8	Страховой запас	[7] – [6]
9	Максимально желательный объем запасов, шт.	[8] + [2] x [5]
10	Размер заказа, шт. (Определяется на каждом интервале)	[9] – текущий запас + [6] (PЗ = МЖЗ – ТЗ + ОП)

Графическая иллюстрация функционирования модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами приведена на рис. 6.2.

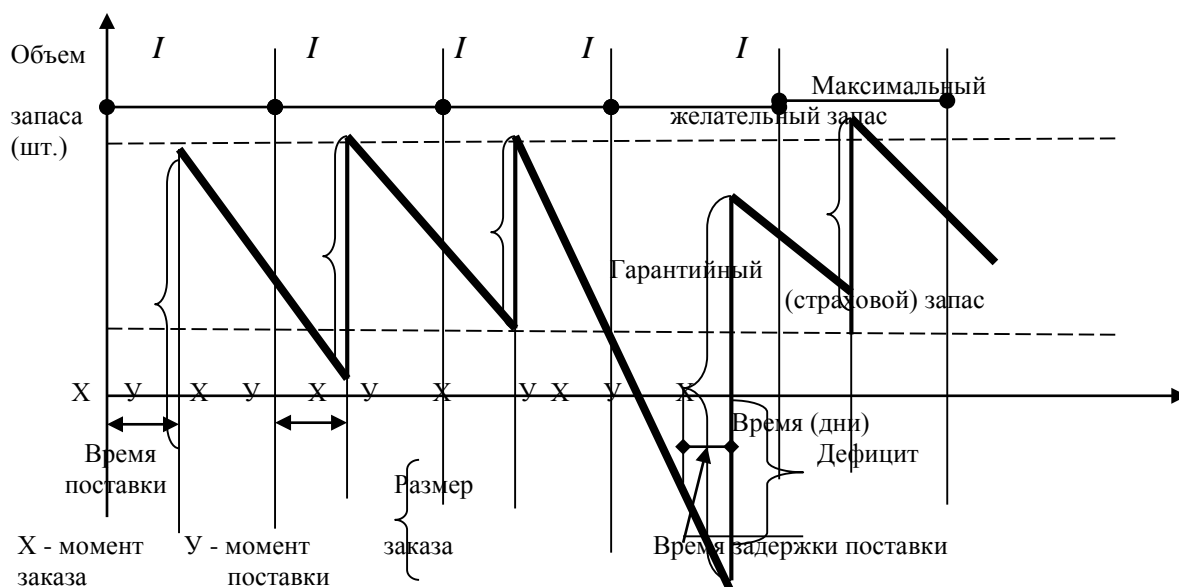


Рис. 2. График движения запасов в системе управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами в условиях колеблющегося спроса

### 3. Сравнение двух основных моделей управления запасами

Теоретически можно предположить ситуацию, когда пополнение запаса происходит мгновенно и запасы расходуются равномерно, тогда заказ можно производить в момент полного расходования запасов, и обе системы будут идентичны.

Однако в реальности все не так, и обе системы имеют свои положительные и отрицательные стороны.

Таблица 6.3

Сравнение двух основных моделей управления запасами

Модель	+	–
Модель с фиксированным размером заказа	Меньший уровень максимально желательного запаса Экономия затрат на содержание запасов на складе	Необходим постоянный контроль наличия запасов на складе
Модель с фиксированным интервалом времени между заказами	Отсутствие постоянного контроля наличия запасов на складе	Высокий уровень максимально желательного запаса Повышение затрат на содержание запасов

### 4. Прочие системы управления запасами

При значительных колебаниях спроса основные системы управления запасами, рассмотренные выше, не в состоянии обеспечить бесперебойное снабжение потребителя без значительного завышения объема запасов. При наличии систематических сбоев в поставке и потреблении основные системы управления

запасами становятся неэффективными. Для таких случаев проектируются иные системы управления запасами, которые назовем «прочими». Их составляют элементы основных систем управления запасами.

Назовем две наиболее распространенные прочие системы:

1. Система с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня.
2. Система «Минимум—максимум».

#### **6.4.1. Модель управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня**

Данная система является модификацией обеих основных систем управления запасами. Она более устойчива к колебаниям спроса.

Чтобы предотвратить завышение объемов запасов, содержащихся на складе, или их дефицит, заказы производятся не только в установленные моменты времени, но и при достижении запасом порогового уровня. Пороговый уровень в этой системе равен сумме гарантийного (страхового) запаса и ожидаемого потребления за время поставки. Таким образом, рассматриваемая система включает в себя элемент системы с фиксированным интервалом времени между заказами (установленную периодичность оформления заказа) и элемент системы с фиксированным размером заказа (отслеживание порогового уровня запасов).

#### **6.4.2. Модель управления запасами «Минимум—максимум»**

Эта система ориентирована на ситуацию, когда затраты на хранение запасов и издержки на оформление заказа настолько значительны, что становятся соизмеримы с потерями от дефицита запасов. Поэтому в этой системе выдача заказов производится не через каждый заданный интервал, а только при условии, что запасы на складе в этот момент оказались равными или меньше минимального уровня. Размер заказа рассчитывается так, чтобы поставка пополнила запасы до максимального желательного уровня.

### **Практическая часть**

**Условие задачи 6.1.** По данным отдела материально-технического снабжения ЗАО «Самокат» стоимость поставки колеса для самоката в среднем составляет А руб., годовая потребность в самокатах – Б шт. (у одного самоката два колеса), цена одного колеса – В руб., стоимость содержания одного колеса на складе в среднем равна – Г % его цены. Время поставки – Д дней, максимальная задержка поставки – Е дней, число задержек в поставках – 1, число рабочих дней в году – 226.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3.

#### ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛОГИСТИКА.

Тема: Установление наиболее целесообразного вида движения предметов производства по рабочим местам производственной системы, обеспечивающего наименьшую длительность производственного цикла их изготовления.

**Вводная часть.** Производственным циклом называется интервал календарного времени от начала и до конца технологического процесса независимо от числа одновременно изготавливаемых предметов производства (деталей, сборочных единиц, изделий и т.п.).

Технологический процесс – целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета производства.

Законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте над одним или несколькими совместно обрабатываемыми предметами производства, называется технологической операцией.

Время выполнения технологических операций в производственном цикле составляет технологический цикл.

Время выполнения одной операции над предметом производства, партией одинаковых или различных предметов производства называется операционным циклом.

Одной из основных характеристик производственного цикла является его длительность. Длительность производственного цикла изготовления предмета производства определяется как сумма непрерывающихся длительностей выполнения основных и вспомогательных операций, продолжительности «пролеживания» предмета производства в рабочее и нерабочее время и продолжительности естественных процессов.

При определении длительности многооперационного цикла изготовления партии предметов производства необходимо учитывать степень одновременности и параллельности их выполнения на различных операциях технологического процесса. Длительность многооперационного цикла



изготовления партии предметов производства существенно зависит от принятого вида движения предметов производства от операции к операции.

Различают три основных вида движения предметов производства от операции к операции: последовательный, параллельно-последовательный и параллельный.

При последовательном виде движения каждая последующая операция начинается лишь после обработки или сборки всей партии предметов производства на предыдущей операции. Для указанного вида движения длительность технологического цикла многооперационного процесса, состоящего из  $m$  операций, равна сумме длительностей операционных циклов:

$$T_n = n \sum_{i=1}^m t_i ,$$

где:  $n$  - размер партии (количество) одноименных предметов производства, шт.;

$t_i$  - длительность  $i$ -ой технологической операции предмета производства.

При параллельно-последовательном виде движения передача предметов производства с операции на операцию производится не всей партией, а ее частями, то есть передаточными или транспортными партиями. Данный вид движения предусматривает частичное совмещение во времени выполнения смежных операций, что обеспечивает некоторое перекрытие их во времени. Обязательным условием при этом виде движения является организация выполнения всех операций по изготовлению партии предметов производства без перерывов в работе оборудования.

Различают два варианта параллельно-последовательного сочетания операций.

Первый – длительность предшествующей операции короче или равна последующей. При этом транспортная партия в  $p$  штук передается на

следующую операцию немедленно по окончании обработки ее на предыдущей операции.

Второй – длительность предшествующей операции больше последующей. При этом для обеспечения неперемного условия параллельно-последовательного вида движения (отсутствия простоев на операциях) создается определенный запас предметов производства (от одной до нескольких транспортных партий) на предыдущей операции, обеспечивающий бесперебойную работу на последующей операции.

При параллельно-последовательном виде движения длительность технологического цикла многооперационного процесса, состоящего из  $m$  операций, определяется по формуле:

$$T_{mn} = T_n - (n - p) \sum_{i=1}^m t_i^M = n \sum_{i=1}^m t_i - (n - p) \sum_{i=1}^m t_i^M ,$$

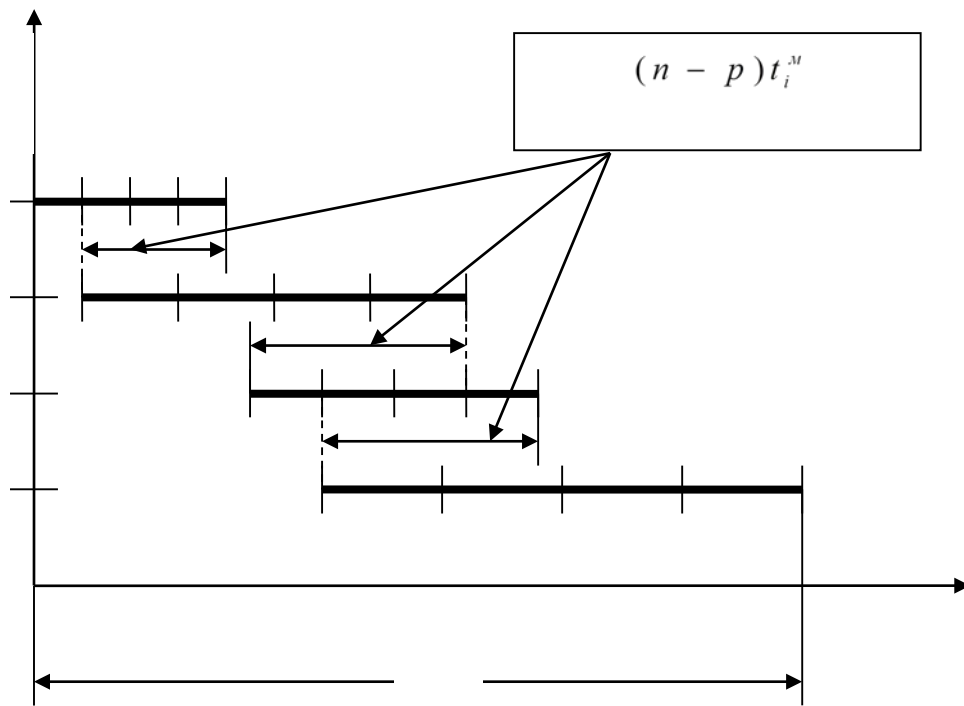
где:  $p$  - размер транспортной партии (количество) одноименных предметов производства передаваемых с операции на операцию, шт.;

$t_i^M$  - длительность меньшей из каждой пары смежных технологических операций предмета производства.

Например, если  $n=20$ ,  $p=5$ ,  $t_1 = 2$ ,  $t_2 = 4$ ,  $t_3 = 3$ ,  $t_4 = 5$ , то длительность параллельно-последовательного сочетания операций будет равна:

$$T_{mn} = n \sum_{i=1}^m t_i - (n - p) \sum_{i=1}^m t_i^M = 20(2+4+3+5) - (20-5)(2+3+3) = 280 - 120 = 160.$$

Графически это можно представить в виде:



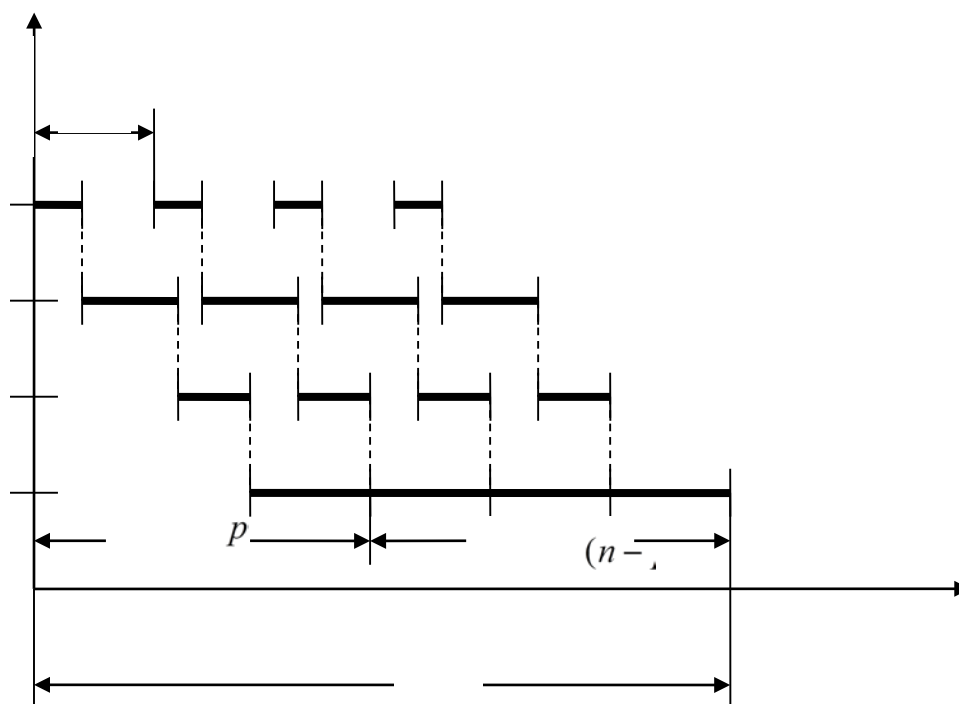
При параллельном виде движения предметов производства каждая транспортная партия передается на последующую операцию немедленно по окончании ее обработки на предыдущей операции и обрабатывается на всех операциях без пролеживания. Для того чтобы это реализовать, необходимо найти из множества операций  $m$  операцию с максимальной длительностью (обозначив ее  $t_{ГЛ}$ ), определить время обработки на ней транспортной партии и осуществить на всех операциях запуск в обработку транспортных партий с тактом  $\tau = p t_{ГЛ}$ . Тогда длительность технологического цикла многооперационного процесса, состоящего из  $m$  операций, при параллельном виде движения предметов производства определяется по формуле:

$$T_{np} = (n - p)t_{ГЛ} + p \sum_{i=1}^m t_i .$$

Для приведенного выше примера:

$$T_{np} = (n - p)t_{ГЛ} + p \sum_{i=1}^m t_i = (20-5)5 + 5(2+4+3+5) = 145.$$

Графически это можно представить в виде:



**Цель занятия:** изучение основных видов движения предметов производства от операции к операции: последовательного, параллельно-последовательного, параллельного, а также получение практических навыков в расчете и графическом представлении длительностей технологических циклов изготовления партий предметов производства для указанных видов движения. Установление наиболее целесообразного вида движения предметов производства по рабочим местам производственной системы, обеспечивающего наименьшую длительность производственного цикла их изготовления.

**Методика проведения занятия:** *изучение каждым студентом учебной группы особенностей организации* основных видов движения предметов производства от операции к операции: последовательного, параллельно-последовательного, параллельного и способов расчета длительностей технологических циклов изготовления *партий предметов производства для указанных видов движения. Индивидуальное осуществление расчетов и графическое представление* длительностей технологических циклов изготовления *партий предметов производства по предложенному преподавателем варианту исходных данных для организации* последовательного, параллельно-последовательного,

параллельного вида движения предметов производства от операции к операции. **Определение наиболее целесообразного вида движения предметов производства** по рабочим местам производственной системы, обеспечивающего наименьшую длительность производственного цикла их изготовления.

**Индивидуальное задание студенту:**

1. По предложенному преподавателем варианту исходных данных рассчитать и отобразить графически длительности технологических циклов изготовления партий предметов производства при последовательном, параллельно-последовательном, параллельном виде движения предметов производства от операции к операции.
2. Указать наиболее целесообразный вид движения предметов производства по рабочим местам производственной системы, обеспечивающий наименьшую длительность производственного цикла их изготовления.
3. Номер варианта с исходными данными для выполнения индивидуальной работы студент выбирает по своему порядковому номеру в списке группы.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4.

Тема: Выбор места размещения объектов производства и сервиса.

**Вводная часть.** Размещение связано с нахождением наилучших географических точек для разных объектов производства и сервиса, задействованных в логистическом процессе. Решения о размещении очень важны, так как они влияют на показатели деятельности объектов производства и сервиса в течение многих лет.

В задачах размещения объектов производства требуется из нескольких возможных вариантов размещения производства выбрать наилучший. В производственном секторе затраты очень значительны для различных мест размещения. Поэтому при размещении производственных объектов основное внимание уделяется минимизации затрат.

Затраты на создание сервисных объектов, как правило, невелики. Поэтому при размещении объектов сервиса основное внимание уделяется максимизации выручки. Обычно предприятия сервиса сталкиваются с проблемой, где и в каком количестве расположить точки обслуживания в данном географическом регионе.

**Цель занятия:** изучение «простых» методов решения задач размещения объектов производства и сервиса и получение практических навыков в их применении.

**Методика проведения занятия:** ознакомление студентов с «простыми» методами решения задач размещения объектов производства и сервиса. Индивидуальное решение предложенных преподавателем задач размещения объектов производства и сервиса указанными методами. Формулировка каждым студентом аналогичных задач размещения объектов производства и сервиса, а также их решение на основе применения рассмотренных математических методов.

### 2.1. Метод взвешивания

Метод взвешивания в первую очередь учитывает факторы, важные для размещения, но которые не всегда возможно представить в числовом виде. Различие между факторами отражается в начислении баллов. Именно так обстоит дело с отелями: невозможно явно измерить качество услуг отеля, но пять звезд отражают очень хорошие гостиничные характеристики.

Составляется список факторов, влияющих на размещение объектов производства или сервиса. Для определения относительной значимости этих факторов в деятельности объекта каждому фактору приписывается вес — число из отрезка  $(0, 1)$ . Сумма всех весов должна равняться единице.

Выбирается шкала для измерения каждого фактора (например, от 1 до 10 или от 1 до 100 очков). Для каждого возможного варианта размещения объекта нужно оценить все факторы по принятой шкале измерения.

Умножим оценки факторов на соответствующие веса и суммируем полученные числа для каждого возможного варианта размещения объекта. Вариант с наибольшей суммой является наилучшим.

Изменяя оценки или веса факторов, можно исследовать устойчивость полученного решения, а также степень влияния факторов на конечный результат. Те факторы, которые практически не влияют на решение, можно исключить на рассмотрение и использовать в процессе качественного анализа при принятии решений.

**Пример 2.1.1.** Рассматривается вопрос о строительстве поликлиники. Существуют три возможных района строительства: А, В, С. Все данные отражены в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1

Фактор	Вес	А	В	С
Доступность для пациентов	0,5	10	8	7
Арендная плата	0,3	5	4	6
Удобство для персонала	0,2	3	6	5

Дадим рекомендации о месте строительства, используя метод взвешивания. Заполним таблицу 2.1.2.

Таблица 2.1.2

<b>Фактор</b>	<b>Вес</b>	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>	<b>С</b>	<b>С</b>
Доступность для пациентов	0,5	10	8			,5
Арендная плата	0,3	5	4		,5	,2,8
Удобство для персонала	0,2	3	6		,6	,2
Сумма	1	-	-		,1	,4,3

Поясним, как заполняется таблица.

Числа столбца «Вес» умножаем на числа 3-го (4-го или 5-го) столбца соответственно, а результат записываем в 6-м (7-м или 8-ом) столбце. В последней строке указана сумма чисел соответствующего столбца.

Вариант с наибольшей суммой (7,1) – это строительство поликлиники в районе А.

**Задание 2.1.1.** Рассматривается вопрос о строительстве поликлиники (салона красоты, прачечной, сауны, гостиницы, офиса туристической компании, офиса таможенной службы и т.д.). Существует три возможных района строительства: А, В, С. Дать рекомендации о месте строительства, используя метод взвешивания.

Таблица 2.1.3

<b>Фактор</b>	<b>Вес</b>	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>
Доступность для пациентов (клиентов)	0,45	5	7	9



Арендная плата	0,35	5	3	4
Удобство персонала	0,2	4	8	6

### Индивидуальное задание студенту:

1. Используя таблицу 2.1.3 дать рекомендации о месте строительства объекта с помощью метода взвешивания.
2. Самостоятельно сформулируйте задачу размещения объекта производства или сервиса по аналогии с рассмотренной выше и решите ее с помощью метода взвешивания. Задачу и решение расписать подробно.

### 2.2. Метод выбора места размещения с учетом полных затрат

Этот метод основан на анализе затрат и объемов выпуска. Для каждого варианта определяются постоянные и переменные затраты. Выбирается вариант размещения с наименьшими совокупными затратами для определенного объема производства.

**Пример 2.2.1.** Рассматривается вопрос о строительстве завода в одном из трех городов: А, В, С. Исследование показало, что постоянные затраты (за год) в этих городах равны 20000, 50000 и 80000 рублей соответственно, а переменные затраты — 65, 45 и 30 рублей за единицу продукции соответственно. Ожидаемый годовой объем выпуска — 5000 единиц. Определим место строительства с учетом полных затрат.

Найдем совокупные затраты для каждого города:

$$20000 + 65 \cdot 5000 = 345000 \text{ рублей/год (А);}$$

$$50000 + 45 \cdot 5000 = 275000 \text{ рублей/год (В);}$$

$$80000 + 30 \cdot 5000 = 230000 \text{ рублей/год (С).}$$

Наилучший вариант — это город С, так как там минимальные совокупные затраты при ожидаемом годовом объеме выпуска 5000 единиц.

Разумеется, при принятии решений эти данные следует рассматривать только в качестве стартовых и приблизительных. Предприятие должно провести более подробный анализ затрат, долгосрочных планов, своих целей и рассмотреть другие значимые факторы.

**Задание 2.2.1.** Рассматривается вопрос о строительстве завода в одном из трех городов: А, В, С. Исследование показало, что постоянные затраты (за год) в этих городах равны 25000, 45000 и 70000 рублей соответственно, а переменные затраты – 55, 40 35 рублей за единицу продукции соответственно. Ожидаемый годовой объем выпуска – 8000 единиц. Определить место строительства с учетом полных затрат.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5.

Тема: Решение задач закупочной логистики в условиях неопределенности и риска (4 часа).

**Цель работы:** изучение основ и методов выбора адекватных решений в различных состояниях среды, получение практических навыков в применении этих методов для решения задач закупочной логистики в условиях неопределенности и риска.

**Методика проведения занятия:** изучение каждым студентом учебной группы основ выбора адекватных решений в различных состояниях среды (в условиях определенности, риска и неопределенности), изучение методов выбора адекватных решений в условиях неопределенности и риска на примере рассмотренного варианта решения задачи закупочной логистики, индивидуальное решение указанными методами предложенного преподавателем варианта аналогичной задачи закупочной логистики.

### 1. Теоретическая часть.

На процесс принятия решений влияют такие факторы как личностные оценки руководителя, среда принятия решений, информационные ограничения, поведенческие ограничения и т.д. Рассмотрим факторы, связанные со средой принятия решений: определенность, риск и неопределенность.

#### 1.1. Определенность.

Решение принимается в условиях определенности, когда руководитель может с точностью определить результат каждого альтернативного решения, возможного в данной ситуации. Сравнительно мало организационных или персональных решений принимается в условиях определенности. Однако они все-таки имеют место. Существуют ситуации, когда решение принимается в условиях почти полной определенности. Например, решение о вложении нераспределенной прибыли в ценные бумаги государства. В данном случае менеджер точно знает размер вкладываемой суммы, может выбрать сроки вложения, рассчитать доходность и может точно подсчитать планируемую

прибыль от данного вложения и сроки ее получения. Государство может не выполнить свои обязательства только при возникновении чрезвычайных обстоятельств, вероятность возникновения которых очень мала. Однако в условиях, сложившихся на данный момент в нашей экономике, данный пример отражает меньший уровень определенности, чем в развитых странах. В странах с развитой стабильной экономикой менеджер может также точно рассчитать затраты на производство определенного вида изделий на ближайшую перспективу. Это возможно, потому что постоянные издержки, стоимость материалов и рабочей силы известны или могут быть рассчитаны с высокой степенью точности.

Кроме того, элементы сложных крупных решений можно рассматривать как определенные. Уровень определенности при принятии решений зависит от внешней среды. Он увеличивается при наличии твердой правовой базы, ограничивающей количество альтернатив и снижающей уровень риска.

## 1.2. Риск.

В самом широком смысле **риск – это опасность возникновения ущерба. Ущерб – это ухудшение или потеря свойств объекта.** Риск может иметь место в сферах деятельности по производству продукции, товаров, оказанию услуг, выполнению социально-экономических и научно-технических программ, актов, по товарно-денежным и финансовым операциям. Рискуя, предприниматель (менеджер, лицо принимающее решение - ЛПР) рассчитывает на получение выигрыша (прибыли, дохода и т.п.). Затрачивая средства, стремится получить выгоду, перекрывающую понесенные затраты. Следовательно, предметом риска являются потери ресурсов: материальные, трудовые, финансовые, информационные, интеллектуальные или недополученные доходы (ниже ожидаемых). Другими словами, если риск не оправдался, ЛПР может в худшем случае понести потери затраченных средств (сверх запланированных), либо недополучить сумму ожидаемых доходов.

К решениям, принимаемым в условиях риска, относятся такие решения, результаты которых не являются определенными, но вероятность каждого возможного результата можно определить. Вероятность определяется в промежутке от 0 до 1 и представляет собой степень возможности совершения данного события. Сумма вероятностей всех альтернатив должна быть равна единице.

Риск при принятии решений может быть различным. Различают несколько типов риска: промышленный, экологический, инвестиционный, кредитный, предпринимательский, финансовый, коммерческий, страновой, политический и т.д. В зависимости от типа риска, вероятность его можно определить математическими и статистическими методами.

Наиболее желательный способ определения вероятности - объективность. Вероятность объективна, когда ее можно определить математическими методами или путем статистического анализа накопленного опыта. Вероятность может быть объективно определена, если поступит достаточно релевантной информации для того, чтобы прогноз оказался статистически достоверным.

Во многих случаях организация не располагает достаточной информацией для объективной оценки вероятности. В таком случае часто руководители используют суждения о возможности совершения альтернатив с той или иной субъективной или предполагаемой вероятностью.

Решения, принимаемые в условиях риска, занимают весомую часть всего множества решений, принимаемых менеджерами. Руководство должно учитывать уровень риска при принятии решений в качестве важнейшего фактора. Для принятия решений в условиях риска предприятие должно обладать достаточным объемом релевантной информации. Данная информация может быть получена различными способами. Существуют внешние источники - различные статистические данные министерств и ведомств, результаты социологических исследований, результаты переписи и т.д.

При отсутствии внешних источников информации предприятие может провести собственные исследования. Анализ рынка очень широко используется для прогнозирования восприятия новых продуктов, телевизионных шоу, политиков. Он стал очень важной сферой деятельности и стал неотъемлемой частью деятельности почти всех крупных организаций, имеющих дело с широкой публикой. Например, автомобильные гиганты «Форд», «Крайслер» прежде чем начать проектирование нового вида автомобиля тщательно изучают спрос и потребности потребителей, рассчитывают вероятности различных объемов продаж в зависимости от конъюнктуры рынка и только затем приступают к проектированию нового автомобиля.

Хорошим примером принятия решение в условиях риска является принятие решений о страховании. Статистика страховых случаев во всех областях ведется очень полно. Поэтому, руководитель может высчитать вероятность наступления или не наступления страхового случая и принять решение о страховании или не страховании определенного имущества компании, каких либо финансовых операций и так далее. Руководитель же страховой организации на основании этих же данных определяет сумму возможных страховых выплат и соответственно сумму, на которую необходимо заключить страховых полисов для покрытия возможных убытков и получения прибыли.

Например, руководитель автотранспортного предприятия не уверен, что аварии будут, а если и будут - на какую сумму. Но из статистики известно, что каждый десятый водитель попадает раз в год в аварию. Также известно, что средняя сумма ущерба от одной аварии - 2000 долларов. Имея парк из 100 машин, руководитель может принять решение, что в аварию попадут 10 машин и общий ущерб составит около 20000 долларов и, следовательно, примет решение о страховании на такую сумму.

### 1.3. Неопределенность.

Решение принимается в условиях неопределенности, когда невозможно оценить вероятность потенциальных результатов. Это имеет место, когда требующие учета факторы настолько новы и сложны, что невозможно получить достаточно релевантной информации, могущей помочь объективно определить вероятность, либо имеющаяся ситуация не подчиняется известным закономерностям. Поэтому вероятность определенного последствия невозможно предсказать с достаточной степенью достоверности. Неопределенность характерна для некоторых решений, принимаемых в быстро меняющихся условиях.

Сталкиваясь с неопределенностью, руководитель может использовать две основные возможности. Во-первых, попытаться получить дополнительную релевантную информацию и еще раз проанализировать проблему. Этим часто удается уменьшить новизну и сложность проблемы. При этом руководитель сочетает эту информацию с накопленным опытом, способностью к суждению или интуицией, чтобы придать ряду результатов субъективную или предполагаемую вероятность. Во-вторых, он может действовать в точном соответствии с прошлым опытом, суждениями и интуицией и сделать предположение о вероятности событий. Это необходимо, когда нет достаточно времени на сбор дополнительной информации.

На практике решения, принимаемые в условиях полной неопределенности, практически не встречаются. Это происходит потому, что в любом случае можно либо собрать некоторую дополнительную релевантную информацию и еще раз проанализировать ситуацию, либо принять решение на основе суждений, интуиции, анализа накопленного опыта руководителя, что также уменьшает неопределенность. Наибольший потенциал неопределенности встречается в социокультурной, политической и наукоемкой среде.

Ярким примером принятия решений в условиях неопределенности может быть решение, о разработке нового очень сложного оборудования. Причина в том, что на разработку требуется длительное время, а за это время конкурентами может быть создано более эффективное оборудование или могут быть совершены открытия, исключаящие применение

разрабатываемого оборудования.

#### 1.4. Правила принятия решений.

При принятии решения в условиях риска или неопределенности вне зависимости от применяемых моделей существуют некоторые правила принятия решений. **Правило принятия решения - это критерий, по которому выносится суждение об оптимальности данного конкретного исхода.** Существует два типа правил. Один не использует численные значения вероятных исходов, второй - использует данные значения.

К первому типу относятся следующие правила принятия решений:

1. Максимумное решение - это решение, при котором принимается решение по максимизации максимально возможных доходов. Данный метод очень оптимистичен, то есть не учитывает возможные потери и, следовательно, самый рискованный.

2. Минимумное решение - это решение, при котором максимизируется минимально возможный доход. Данный метод в большей степени учитывает отрицательные моменты различных исходов и является более осторожным (пессимистичным) подходом к принятию решений.

3. Минимумное решение - это решение, при котором минимизируются максимальные потери. Это наиболее осторожный подход к принятию решений и наиболее учитывающий все возможные риски. Под потерями здесь учитываются не только реальные потери, но и упущенные возможности.

4. Критерий Гурвица. Данный критерий является компромиссом между минимумным и максимумным решениями и является одним из самых оптимальных.

Рассмотрим типовые критерии выбора оптимального решения для трех видов стратегии поведения. Для унификации изложения этих критериев поставим в соответствие каждому решению  $Y_i$  численный коэффициент важности решения  $\beta_i$ . В зависимости от вида критерия содержательный смысл коэффициентов



важности решений будет различным, но общее правило выбора оптимального решения можно записать для всех критериев в одном и том же виде

$$Y^* \Leftarrow \underset{\beta_i}{extremum} (\beta_1, \dots, \beta_m) \quad (1)$$

Эта запись означает, что необходимо из множества чисел  $\beta_i$  выбрать экстремальное число (операция *extremum*) и по номеру этого числа определить, какое из альтернативных решений является оптимальным (поскольку номер решения совпадает с номером коэффициента решения).

Если коэффициенты важности решений определены так, что чем больше их значение, тем лучше решение, то операция нахождения экстремума соответствует операции нахождения максимума, т.е. в этом случае соотношение (1) имеет вид

$$Y^* \Leftarrow \max_{\beta_i} (\beta_1, \dots, \beta_m). \quad (2)$$

Если коэффициенты важности решений определены так, что чем меньше их значение, тем более значимо решение, то соотношение (1) имеет вид

$$Y^* \Leftarrow \min_{\beta_i} (\beta_1, \dots, \beta_m). \quad (3)$$

В соответствии с этим выражением из множества чисел  $\beta_i$  находится наименьшее число, по которому и определяется оптимальное решение.

**Критерий пессимизма** является типичным представителем совокупности критериев, соответствующих осторожной стратегии поведения. Применение критерия пессимизма не требует знания вероятностей ситуаций, и в этом его преимущество, поскольку часто эти вероятности неизвестны.

Поскольку критерий пессимизма соответствует правилу “рассчитывай на худший случай”, то в качестве коэффициента важности  $i$ -го решения следует выбрать наихудшее значение функции предпочтения по всем ситуациям. Если функция предпочтения изменяется так, что ее наилучшему значению соответствует наибольшее число

$$\beta_i = \min_j f_{ij} \quad (i = 1, \dots, m). \quad (4)$$

Это означает, что для  $i$ -го решения выбирается по всем  $j$ -м ситуациям наименьшее значение функции предпочтения.

Используя общее правило выбора оптимального решения (2) и соотношение (4), нахождения оптимального решения по критерию пессимизма можно записать в виде

$$Y^* \leftarrow \max_i \min_j f_{ij}. \quad (5)$$

При измерении предпочтений в порядковой шкале наихудшее предпочтение по всем ситуациям соответствует максимальному значению функции предпочтения. Следовательно, коэффициент важности решений при измерении предпочтений в рангах вычисляется по формуле

$$\beta_i = \max_j f_{ij} \quad (i = 1, \dots, m). \quad (6)$$

Правило выбора оптимального решения по критерию пессимизма при измерении предпочтений в порядковой шкале имеет вид

$$Y^* \leftarrow \min_i \max_j f_{ij}, \quad (7)$$

**Пример 1.4.1.** Определить оптимальное по критерию пессимизма решение по результатам оценки предпочтений в рангах, выполненной ЛПР. Результаты ранжирования пяти решений Y1, Y2, Y3, Y4, Y5 для трех ситуаций S1, S2, S3 приведены в таблице 1.4.1.

Таблица 1.4.1

	S1	S2	S3
Y1	3	4	1
Y2	4	1	5
Y3	1	3	2
Y4	5	5	4
Y5	2	2	3

**Решение:**

1. По формуле (6) вычислим значения коэффициентов важности решений: для первого решения – 4, для второго – 5 и т.д. Таким образом, вектор коэффициентов важности решений равен – (4, 5, 3, 5, 3).

2. По формуле (7) найдем оптимальное решение соответствующее критерию пессимизма – их оказывается два Y3 и Y5. Анализ предпочтительности показывает, что нельзя однозначно установить, которое из них является более предпочтительным, так как решение Y3 предпочтительнее в ситуациях S1 и S3, а решение Y5 предпочтительнее в ситуации S2. То есть, оба решения принадлежат множеству эффективных решений. Следовательно, ЛПР может выбрать в качестве единственного окончательного решения одно из них.

**Критерий оптимизма** соответствует оптимистической стратегии выбора. В соответствии с девизом этой стратегии “рассчитывай на лучший случай” коэффициенты решений определяются как наилучшие оценки предпочтений по всем ситуациям. Если измерение производится в количественных шкалах таким образом, что чем выше предпочтение, тем больше соответствующее ему число, то коэффициенты важности решений определяются следующим способом:

$$\beta_i = \max_j f_{ij} \quad (i = 1, \dots, m), \quad (8)$$

В соответствии с общей формой правила выбора решения (2) правило выбора решения, соответствующее критерию оптимизма, имеет вид

$$Y^* \Leftarrow \max_i \max_j f_{ij}. \quad (9)$$

Если измерение предпочтения производится в порядковой шкале и  $f_{ij}$  есть ранг  $i$ -го решения в  $j$ -й ситуации, то коэффициенты важности решений вычисляются путем применения операции минимума к множеству рангов оценки решения по всем ситуациям:

$$\beta_i = \min_j f_{ij} \quad (i = 1, \dots, m). \quad (10)$$

Правило выбора решения в случае измерения предпочтений в рангах и критериях оптимизма имеет следующий вид:

$$Y^* \Leftarrow \min_i \min_j f_{ij}. \quad (11)$$

**Критерий максимума среднего выигрыша** является представителем группы критериев, соответствующих рациональной стратегии. Общее правило выбора решения (1) или (2) остается справедливым и для этого критерия. Конкретизация вида правила выбора решения требует определения коэффициентов важности решения. С содержательной точки зрения коэффициенты важности решений при данном критерии представляют собой средний выигрыш, получаемый при каждом решении по всем ситуациям.

Если предпочтения решений на множестве ситуаций измеряются в интервальной шкале (или в шкале отношений), то средний выигрыш каждого решения вычисляется как математическое ожидание выигрыша:

$$\beta_i = \sum_{k=1}^n p_k f_{ik} \quad (i = 1, \dots, m), \quad (12)$$

где:  $p_k$  - вероятность  $k$ -й ситуации,  $f_{ik}$  – значение функции предпочтения, оценивающей  $i$ -е решение в  $k$ -й ситуации.

Полученные значения коэффициентов решений для критерия максимума среднего выигрыша позволяют использовать общее правило выбора (2) для определения оптимального решения.

**Пример 1.4.2.** Определить оптимальное решение по критерию среднего выигрыша из множества допустимых решений  $Y_1, Y_2, Y_3$  для случая четырех ситуаций  $S_1, S_2, S_3, S_4$ . Предпочтения решений определены в количественной шкале и приведены в таблице 1.4.2. В нижней строке этой таблицы даны вероятности ситуаций  $S_1, S_2, S_3, S_4$ .

Таблица 1.4.2.

	S1	S2	S3	S4
Y1	1	4	5	9
Y2	3	8	4	3
Y3	4	6	6	2
Pj	0.1	0.2	0.5	0.2

**Решение:**

1. По формуле (12) вычислим коэффициенты важности решений (КВР):

$$КВР1 = 0.1 \times 1 + 0.2 \times 4 + 0.5 \times 5 + 0.2 \times 9 = 5.2$$

$$КВР2 = 0.1 \times 3 + 0.2 \times 8 + 0.5 \times 4 + 0.2 \times 3 = 4.5$$

$$КВР3 = 0.1 \times 4 + 0.2 \times 6 + 0.5 \times 6 + 0.2 \times 2 = 5.0$$

2. В соответствии с правилом (2) оптимальное решение соответствует максимальному значению КВР. Следовательно, оптимальным является решение  $Y_1$ .

**Критерий пессимизма-оптимизма** (часто называется критерием Гурвица) также является разновидностью рациональной стратегии выбора решений. Применение этого критерия не требует знания вероятностей ситуаций. Данный критерий представляет собой взвешенную комбинацию критериев пессимизма и оптимизма. Правило выбора оптимального решения по критерию пессимизма-

оптимизма имеет вид

$$Y^* \Leftarrow \max_i \left[ h \min_j f_{ij} + (1-h) \max_j f_{ij} \right], \quad (13)$$

где:  $f_{ij}$  - значения функции предпочтений при оценке  $i$ -го решения в  $j$ -й ситуации, измеренные в количественной шкале так, что чем больше предпочтение, тем больше значений числа;  $h$  — коэффициент веса пессимизма, изменяющийся в диапазоне  $0 \leq h \leq 1$ . При  $h = 0$  критерий пессимизма-оптимизма превращается в критерий оптимизма. При  $h=1$  соответственно имеем критерий пессимизма. Выбор значения коэффициента веса пессимизма осуществляет ЛПР в соответствии со своими представлениями о доле оптимизма и пессимизма при выборе решения.

Оптимальное решение для критерия Гурвица определяется путем нахождения максимального значения коэффициента важности. Номер этого коэффициента соответствует номеру оптимального решения.

Ко второму типу принятия решений относятся решения, при которых кроме самих возможных доходов и потерь учитываются вероятности возникновения каждого исхода. К данному типу принятия решений относятся, например, правило максимальной вероятности и правило оптимизации математического ожидания. При данных методах обычно составляется таблица доходов, в которой указываются все возможные варианты доходов и вероятности их наступления. При использовании правила максимальной вероятности соответственно выбирается по одному из правил первого типа один из исходов, имеющий максимальную вероятность.

При использовании правила оптимизации математических ожиданий, высчитываются математические ожидания для доходов или потерь и затем выбирается оптимальный вариант.

Так как значения вероятностей со временем изменяются, при применении правил второго типа обычно используется проверка правил на чувствительность к изменениям вероятностей исходов. Кроме того, для определения отношения к риску используется понятие полезности. То есть для каждого возможного исхода кроме вероятности рассчитывается

полезность данного исхода, которая также учитывается при принятии решений.

Для принятия оптимальных решений можно применить следующие методы:

- платежная матрица;
- дерево решений;
- методы прогнозирования.

*Платежная матрица* - один из методов статистической теории решений, оказывающий помощь руководителю в выборе одного из нескольких вариантов. Особенно полезен в ситуации, когда руководитель должен установить, какая стратегий в наибольшей мере будет способствовать достижению целей. В самом общем виде матрица означает, что платеж зависит от определенных событий, которые фактически совершаются. Если событие или состояние природы не случается на деле, платеж неизменно будет другим.

В целом платежная матрица полезна, когда:

1. Имеется разумно ограниченное число альтернатив или вариантов стратегии для выбора между ними.
2. То, что может случиться, с полной определенностью не известно.
3. Результаты принятого решения зависят от того, какая именно выбрана альтернатива, и какие события в действительности имеют место.

Кроме того, руководитель должен иметь возможность объективно оценить вероятность релевантных событий и рассчитать ожидаемое значение такой вероятности.

Вероятность прямо влияет на определение ожидаемого значения - основного понятия платежной матрицы. Ожидаемое значение альтернативы или варианта - это сумма возможных значений, умноженных на соответствующие вероятности.

Определив ожидаемое значение каждой альтернативы и расположив результаты в виде матрицы, руководитель без труда может выбрать наиболее

оптимальный вариант.

*Дерево решений* - метод науки управления - схематичное представление проблемы принятия решений - используется для выбора наилучшего направления действий из имеющихся вариантов.

Метод дерева решений может применяться как в ситуациях, в которых применяется платежная матрица, так и в более сложных ситуациях, в которых результаты одного решения влияют на последующие решения. То есть дерево решений - удобный метод для принятия последовательных решений.

*Методы прогнозирования.* Прогнозирование - метод, в котором используется как накопленный в прошлом опыт, так и текущие допущения насчет будущего с целью его определения. Результат качественного прогнозирования может служить основой планирования. Существуют различные разновидности прогнозов: экономические прогнозы, прогнозы развития технологии, прогнозы развития конкуренции, прогнозы на основе опросов и исследований, социальное прогнозирование.

Все типы прогнозов используют различные методы прогнозирования. Методы прогнозирования включают в себя:

- неформальные методы;
- количественные методы;
- качественные методы.

Неформальные методы включают в себя следующие виды информации:

- Вербальная информация - это наиболее часто используемая информация для анализа внешней среды. Сюда относят информацию из радио- и телепередач, от поставщиков, от потребителей, от конкурентов, на различных совещаниях и конференциях, от юристов, бухгалтеров и консультантов. Данная информация очень легко доступна, затрагивает все основные факторы внешнего окружения, представляющие интерес для организации. Однако она очень изменчива и нередко неточна.

- Письменная информация - это информация из газет, журналов, информационных бюллетеней, годовых отчетов. Эта информация обладает теми же достоинствами и недостатками, что и вербальная информация.

- Промышленный шпионаж.

Количественные методы прогнозирования используются, когда есть основания считать, что деятельность в прошлом имела определенную тенденцию, которая может продолжиться и в будущем, и когда достаточно информации для выявления таких тенденций. К количественным методам относятся:

- Анализ временных рядов. Он основан на допущении, согласно которому случившееся в прошлом дает достаточно хорошее приближение к оценке будущего. Проводится с помощью таблицы или графика.

- Причинно-следственное (каузальное) моделирование. Наиболее математически сложный количественный метод прогнозирования. Используется в ситуациях с более чем одной переменной. Каузальное моделирование - прогнозирование путем исследования статистической зависимости между рассматриваемым фактором и другими переменными. Из каузальных прогностических моделей самыми сложными являются эконометрические модели, разработанные с целью прогнозирования динамики экономики.

Качественные методы прогнозирования подразумевает прогнозирование будущего экспертами. Существует 4 наиболее распространенных метода качественного прогнозирования:

1. Мнение жюри - соединение и усреднение мнений экспертов в релевантных сферах. Неформальная разновидность данного метода - «мозговой штурм».

2. Совокупное мнение сбытовиков. Мнение дилеров или предприятий сбыта очень ценно, так как они имеют дело непосредственно с конечными потребителями и знают их потребности.

3. Модель ожидания потребителя - прогноз, основанный на результатах опроса клиентов организации.

4. Метод экспертных оценок. Он представляет собой процедуру, позволяющую группе экспертов приходиться к согласию. По данному методу



эксперты из различных областей заполняют опросник по данной проблеме. Затем им дают опросники, заполненные другими экспертами, и просят пересмотреть свое мнение либо аргументировать первоначальное. Процедура проходит 3-4 раза, пока в результате не будет выработано общее решение. Причем все опросники анонимны, как и анонимны сами эксперты, то есть эксперты не знают, кто еще входит в группу.

## 2. Практическая часть.

**Задание №1.** Изучите предложенные в примере 2.1 способы разрешения проблемной ситуации, вызванной необходимостью определения оптимального количества пирожных, которое следует закупать в начале каждого дня, используя рекомендуемые правила принятия управленческих решений в условиях риска и неопределенности.

**Пример 2.1.** Предположим, что Вы владелец торговой точки по продаже кондитерских изделий. В начале каждого дня Вам нужно решить вопрос: сколько пирожных следует иметь в запасе, чтобы удовлетворить спрос? Каждое пирожное Вы приобретете по цене  $C_1 = 0,70$  \$, а продаете по  $C_2 = 1,30$  \$. Продать невостребованные пирожные на следующий день невозможно, поэтому остаток распродается в конце дня по  $C_3 = 0,30$  \$ за штуку. В таблице 2.1.1. приведены данные о спросе на пирожные:

Таблица 2.1.1.

Спрос на пирожные в день, шт.	$S_1 = 1$	$S_2 = 2$	$S_3 = 3$	$S_4 = 4$	$S_5 = 5$
Частота	5	10	15	15	5
Относительная частота (вероятность – $p_k$ )	$p_1 = 0,1$	$p_2 = 0,2$	$p_3 = 0,3$	$p_4 = 0,3$	$p_5 = 0,1$

Нужно определить, сколько пирожных должно быть закуплено в начале каждого дня?

### Решение.

Итак, в начале дня можно закупить для последующей продажи 1, 2, 3, 4 или 5 пирожных в день. Проблема заключается в неопределенности исходов, так как покупатели определяют их сами конкретным спросом на пирожные каждый день.

Чтобы разрешить эту проблему вначале составьте матрицу (таблица 2.1.2.) возможных доходов и затрат в день, по строкам которой расположите возможные решения о количествах закупаемых для продажи пирожных в день ( $Y_1 = S_1, Y_2 = S_2, Y_3 = S_3, Y_4 = S_4, Y_5 = S_5$ ), по столбцам – возможные исходы, то есть ситуации, отражающие фактическое количество проданных пирожных за конкретный день ( $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$ ), а в клетках: в северо-западном углу – возможный доход от продажи закупленных пирожных за день, а в юго-восточном углу – фактические затраты на закупку соответствующего количества пирожных.

Таблица 2.1.2

Спрос на пирожные (исходы)  Кол-во закупаемых пирожных (решения)	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$
$Y_1$	1,3 0,7	1,3 0,7	1,3 0,7	1,3 0,7	1,3 0,7
$Y_2$	1,6 1,4	2,6 1,4	2,6 1,4	2,6 1,4	2,6 1,4
$Y_3$	1,9 2,1	2,9 2,1	3,9 2,1	3,9 2,1	3,9 2,1
$Y_4$	2,2 2,8	3,2 2,8	4,2 2,8	5,2 2,8	5,2 2,8
$Y_5$	2,5 3,5	3,5 3,5	4,5 3,5	5,5 3,5	6,5 3,5

Затем на основании таблицы 2.1.2 составьте таблицу 2.1.3 возможной прибыли в день путем вычитания в каждой клетке из величины возможного дохода величины фактических затрат.

Таблица 2.1.3

Спрос на пирожные (исходы)  Кол-во закупаемых пирожных	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$

(решения)					
$Y_1$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
$Y_2$	0,2	1,2	1,2	1,2	1,2
$Y_3$	-0,2	0,8	1,8	1,8	1,8
$Y_4$	-0,6	0,4	1,4	2,4	2,4
$Y_5$	-1	0	1	2	3

Теперь, используя соответствующие правила принятия управленческих решений в условиях риска и неопределенности (**максимакса и максимина**), ответьте на вопрос: «Сколько пирожных следует закупить для реализации в начале каждого дня?». Убедитесь в том, что применение стратегий оптимизма и пессимизма при принятии решения приводит к различным результатам.

Сначала найдем ответ на этот вопрос используя для принятия решения **критерий оптимизма**. Поскольку измерение предпочтений в данном случае производится в количественной шкале таким образом, что чем выше предпочтение, тем больше соответствующее ему число, то коэффициенты важности решений определим по формуле  $\beta_i = \max_j f_{ij}$ , ( $i = 1, \dots, m$ ):

$$Y_1 \quad \beta_1 = 0,6$$

$$Y_2 \quad \beta_2 = 1,2$$

$$Y_3 \quad \beta_3 = 1,8$$

$$Y_4 \quad \beta_4 = 2,4$$

$$Y_5 \quad \beta_5 = 3$$

По формуле  $Y^* \Leftarrow \max_i \max_j f_{ij}$  оптимальное решение соответствующее критерию оптимизма – это  $Y_5$ .

Затем найдем ответ на этот вопрос, используя для принятия решения **критерий пессимизма**. Коэффициенты важности решений определим по формуле  $\beta_i = \min_j f_{ij}$ , ( $i = 1, \dots, m$ ):

$$Y_1 \quad \beta_1 = 0,6$$

$$Y_2 \quad \beta_2 = 0,2$$

$$Y_3 \quad \beta_3 = -0,2$$

$$Y_4 \quad \beta_4 = -0,6$$

$$Y_5 \quad \beta_5 = -1$$

По формуле  $Y^* \Leftarrow \max_i \min_j f_{ij}$  оптимальное решение, соответствующее критерию пессимизма – это  $Y_1$ .

Следовательно, применение стратегий оптимизма и пессимизма при принятии решения приводит к различным результатам.

### Минимизация возможных потерь

Примените правило **минимакса** – минимизация максимально возможных потерь – с целью минимизации возможных потерь, т.е. в данном случае акцент с возможных доходов переносится на возможные потери. Для этого в начале составьте таблицу 2.1.4 возможных потерь, которая дает представление о прибылях каждого исхода потерь в результате принятия каждого конкретного решения по закупке пирожных в день. Например, если спрос составляет 2 пирожных, и закуплено было 2 пирожных, то прибыль составит 1,20 \$ в день. В этом случае возможные потери прибыли равны нулю, соответственно в клетке на пересечении второй строки и второго столбца таблицы 2.1.4 следует записать нуль. Если же мы приобрели 3 пирожных, а продали 2, то прибыль составит 0,80 \$ в день, т.е. недополучено 0,40 \$ в день. Эти 0,40 \$ - возможные потери прибыли, соответственно в клетке на пересечении третьей строки и второго столбца таблицы 2.1.4 следует записать 0,40 \$. И так далее.

Таблица 2.1.4

Спрос на пирожные (исходы) Кол-во закупаемых пирожных (решения)	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>
Y <sub>1</sub>	0	0,6	1,2	1,8	2,4
Y <sub>2</sub>	0,4	0	0,6	1,2	1,8
Y <sub>3</sub>	0,8	0,4	0	0,6	1,2
Y <sub>4</sub>	1,2	0,8	0,4	0	0,6
Y <sub>5</sub>	1,6	1,2	0,8	0,4	0

Затем, применив правило минимакса, из таблицы 2.1.4 выберите по каждому решению максимально возможные потери, на основании которых определите решение, приводящее к минимальному значению максимальных потерь.

По формуле  $\beta_i = \max_j f_{ij}$ , ( $i = 1, \dots, m$ ) определим вектор коэффициентов важности решений – максимально возможные потери по каждому решению:

$$Y_1 \quad \beta_1 = 2,4$$

$$Y_2 \quad \beta_2 = 1,8$$

$$Y_3 \quad \beta_3 = 1,2$$

$$Y_4 \quad \beta_4 = 1,2$$

$$Y_5 \quad \beta_5 = 1,6$$

По формуле  $Y^* \Leftarrow \min_i \max_j f_{ij}$  (выбор лучшего из худших вариантов) найдем оптимальные решения, приводящие к минимальному значению максимальных потерь – это  $Y_3$  и  $Y_4$ .

**Критерий Гурвица** (критерий пессимизма-оптимизма):

$$Y^* \Leftarrow \max_i \left[ h \min_j f_{ij} + (1-h) \max_j f_{ij} \right],$$

где:  $f_{ij}$  - значения функции предпочтений при оценке i-го решения в j-й ситуации, измеренные в количественной шкале так, что чем больше предпочтение, тем больше значений числа;  $h$  — коэффициент веса пессимизма, изменяющийся в диапазоне  $0 \leq h \leq 1$ . При  $h = 0$  критерий пессимизма-оптимизма превращается в критерий оптимизма. При  $h=1$  соответственно имеем критерий пессимизма. Выбор значения коэффициента веса пессимизма осуществляет ЛПР в соответствии со своими представлениями о доле оптимизма и пессимизма при выборе решения.

На основании таблицы 2.1.3 возможной прибыли определим оптимальное решение, задав коэффициенту веса пессимизма значение  $h = 0,4$ .

Количество закупаемых в день пирожных	$\min_j f_{ij}$	$\max_j$	$h = 0,4$	$(1-h) = 0,6$	Всего в день, \$
1			$h \min_j f_{ij}$	$(1-h) \max_j f_{ij}$	$= 0,6$

	0,6	0,6	0,24	+0,36	
2	0,2	1,2	0,08	+0,72	=0,8
3	-	1,8	-	+1,08	=1,0
4	-	2,4	-	+1,44	=1,2
5	-	3,0	-	+1,80	=1,76 (Y*)

Решение по правилу Гурвица будет состоять в закупке пяти пирожных в день при установленном значении  $h=0,4$ .

### Правило максимальной вероятности

Применив **правило максимальной вероятности** – максимизация наиболее вероятных доходов для рассмотренных в таблице 2.1.1 относительных частот (вероятностей) дневного спроса на пирожные найдите решение, обеспечивающее максимальную прибыль, используя данные табл. 2.1.3.

Рассмотрим в таблице 2.1.1 вероятности дневного спроса на пирожные:

Спрос на пирожные в день, шт.	$S_1 = 1$	$S_2 = 2$	$S_3 = 3$	$S_4 = 4$	$S_5 = 5$
Частота	5	10	15	15	5
Относительная частота (вероятность – $p_k$ )	$p_1 = 0,1$	$p_2 = 0,2$	$p_3 = 0,3$	$p_4 = 0,3$	$p_5 = 0,1$

Из таблицы 2.1.1 следует, что наибольшая вероятность спроса на пирожные равна 0,3. Это соответствует спросу на три или четыре пирожных. Используем данные таблицы 2.1.3:

Спрос на					
----------	--	--	--	--	--

пирожные (исходы) Кол-во закупаемых пирожных (решения)			S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	
Y <sub>1</sub>			0,6	0,6	
Y <sub>2</sub>			1,2	1,2	
Y <sub>3</sub>			1,8	1,8	
<b>Y<sub>4</sub></b>			1,4	<b>2,4</b>	
Y <sub>5</sub>			1	2	

Устанавливаем, что максимальная прибыль при максимальной вероятности спроса на пирожные равна 2,4 \$, что соответствует решению Y<sub>4</sub>.

### Оптимизация математического ожидания

Выполните **оптимизацию математического ожидания** с целью нахождения решения с наибольшей ожидаемой прибылью, используя данные табл. 2.1.1, табл. 2.1.3 и критерий максимума среднего выигрыша

$$( \beta_i = \sum_{k=1}^n p_k f_{ik} \quad (i=1, \dots, m), \quad Y^* \Leftarrow \max_{\beta_i}(\beta_1, \dots, \beta_m) ), \text{ и с целью нахождения}$$

решения с наименьшими ожидаемыми потерями, используя данные табл. 2.1.1, табл. 2.1.4 и критерия минимума средних потерь

$$( \beta_i = \sum_{k=1}^n p_k f_{ik} \quad (i=1, \dots, m), \quad Y^* \Leftarrow \min_{\beta_i}(\beta_1, \dots, \beta_m) ).$$

Для нахождения решения с **наибольшей ожидаемой прибылью**, используя данные табл. 2.1.1, табл. 2.1.3 и критерий максимума среднего выигрыша

$$( \beta_i = \sum_{k=1}^n p_k f_{ik} \quad (i=1, \dots, m), \quad Y^* \Leftarrow \max_{\beta_i}(\beta_1, \dots, \beta_m) )$$

рассчитаем значения  $\beta_i$ :

$$\text{КВР } 1 = 0.1 \times 0,6 + 0.2 \times 0,6 + 0.3 \times 0,6 + 0,3 \times 0,6 + 0.1 \times 0,6 = 0,6$$

$$\text{КВР } 2 = 0.02 + 0.24 + 0.36 + 0.36 + 0,12 = 1.1$$

$$\text{КВР } 3 = (-0.02) + 0.16 + 0.54 + 0,54 + 0.18 = 1.4$$

$$\text{КВР } 4 = (-0.06) + 0.08 + 0.42 + 0.72 + 0,24 = 1.4$$

$$\text{КВР } 5 = (-0.1) + 0 + 0.3 + 0.6 + 0,3 = 1.1$$

Наибольшая ожидаемая прибыль при оптимизации математического ожидания будет получена при покупке *трех или четырех* пирожных в день.

Для нахождения решения с наименьшими ожидаемыми потерями, используя данные табл. 2.1.1, табл.2.1.4 и критерия минимума средних потерь (  $\beta_i = \sum_{k=1}^n p_k f_{ik} \quad (i = 1, \dots, m), \quad Y^* \Leftarrow \min_{\beta_i}(\beta_1, \dots, \beta_m)$  ) рассчитаем значения  $\beta_i$ :

$$\text{КВР 1} = 0.1 \times 0 + 0.2 \times 0.6 + 0.3 \times 1.2 + 0.3 \times 1.8 + 0.1 \times 2.4 = 1.26$$

$$\text{КВР 2} = 0.04 + 0 + 0.18 + 0.36 + 0.18 = 0.76$$

$$\text{КВР 3} = 0.08 + 0.08 + 0 + 0.18 + 0.12 = 0.46$$

$$\text{КВР 4} = 0.12 + 0.16 + 0.12 + 0 + 0.06 = 0.46$$

$$\text{КВР 5} = 0.16 + 0.24 + 0.24 + 0.12 + 0 = 0.76$$

Наименьшие ожидаемые потери при оптимизации математического ожидания будут получены при покупке *трех или четырех* пирожных в день.

### **Зависимость решения от изменения значений вероятности**

Проанализируйте **зависимость решения от изменения значений вероятности** (базовые вероятности в табл.2.1.1), то есть установите какова чувствительность решений для альтернативных вероятностей  $p_k^a$ , соответствующим исходам  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$ . Суть анализа заключается в числовой оценке изменения вероятности, определяющей выбор решения.

Например, рассмотрим ситуацию с одним основным (см. пример нахождения решения с наибольшей ожидаемой прибылью на основе критерия максимума среднего выигрыша) и одним альтернативным вариантом (рассчитанным также на основе аналогичного критерия) решения. Зададим значения альтернативных вероятностей:  $p_1^a = p_2^a = p_3^a = p_4^a = p_5^a = 0.2$  (**Внимание! Альтернативные вероятности для самостоятельной работы установлены в вариантах индивидуальных заданий**).

Рассчитаем математическое ожидание прибыли для альтернативных



вероятностей ( $p_i^a$ ):

$$\text{КВР } 1 = 0.2 \times 0,6 + 0.2 \times 0,6 + 0.2 \times 0,6 + 0,2 \times 0,6 + 0.2 \times 0,6 = 0,6$$

$$\text{КВР } 2 = 0.04 + 0.24 + 0.24 + 0.24 + 0,24 = 1.0$$

$$\text{КВР } 3 = (-0.04) + 0.16 + 0.36 + 0,36 + 0.36 = 1.2$$

$$\text{КВР } 4 = (-0.12) + 0.08 + 0.28 + 0.48 + 0,48 = 1.2$$

$$\text{КВР } 5 = (-0.2) + 0 + 0.2 + 0.4 + 0,6 = 1.0$$

Наибольшая ожидаемая прибыль при оптимизации математического ожидания с использованием альтернативных вероятностей будет получена при покупке *трех или четырех* пирожных в день.

Теперь рассмотрим зависимость выбора решения от изменений значений вероятностей:

	Количество пирожных, закупаемых в день (возможные решения)				
	1	2	3	4	5
Базовые вероятности	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1
Ожидаем ая прибыль в день\$	0,6	1,1	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	1,1
Альтерна тивные вероятности	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Ожидаем ая прибыль в день\$	0,6	1,0	<b>1,2</b>	<b>1.2</b>	1,0

Решение, дающее максимальный доход – закупать 3 или 4 пирожных не претерпело изменений, однако средняя прибыль в альтернативном варианте снизилась с 1,4 до 1,2 \$ в день. В данном случае выбор решения

нечувствителен к незначительным изменениям вероятности, т.е. не происходит замены выбранного варианта решения на новый.