

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Р. К. Ленькова

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ**

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ**

*Курс лекций  
для студентов специальности  
1-74 01 01 Экономика и организация производства  
в отраслях агропромышленного комплекса*

Горки  
БГСХА  
2016

УДК 519.86(075.8)  
ББК 65.23я73  
Л46

*Одобрено методической комиссией  
экономического факультета 21.12.2015 (протокол № 4)  
и Научно-методическим советом БГСХА 23.12.2015 (протокол 4)*

Автор:  
доктор экономических наук, профессор *Р. К. Ленькова*

Рецензенты:  
доктор экономических наук, доцент *А. Г. Ефименко*;  
кандидат экономических наук, доцент *В. А. Головков*;  
кандидат экономических наук, доцент *Н. И. Соловцов*

#### СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лекция 1. Методы сетевого планирования.....	5
Лекция 2. Методы управления запасами.....	14
Лекция 3. Использование теории игр при принятии решений.....	19
Лекция 4. Методы управления в системе массового обслуживания в экономике.....	22
Лекция 5. Балансовый метод исследования.....	33
Лекция 6. Экспериментальный метод исследования.....	38
Лекция 7. Социологический метод исследования.....	42
Литература.....	48

**Ленькова, Р. К.**  
Л46 **Исследование операций. Методы исследования операций :**  
курс лекций / Р. К. Ленькова. – Горки : БГСХА, 2016. – 48 с.  
ISBN 978-985-467-611-1.

Излагаются теоретические и практические аспекты применения методов исследования операций, знание которых необходимо каждому экономисту и бухгалтеру, детально анализируются многообразные постановки конкретных задач. Особое внимание уделено методике составления и решению практических задач по разным темам.

Для студентов специальности 1-74 01 01 Экономика и организация производства в отраслях агропромышленного комплекса.

УДК 519.86(075.8)  
ББК 65.23я73

ISBN 978-985-467-611-1

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Современное производство становится все более сложным и многогранным. Увеличивается число ресурсов и условий, от которых зависят результаты деятельности коллективов. Изменяются взаимоотношения товаропроизводителей между собой и государством.

Экономическая наука располагает богатым набором методов и приемов, показателей, используемых при анализе и планировании производства АПК, разных по сложности и эффективности, по обоснованности получения ответов на возникающие в исследованиях и практике управленческие проблемы. В то же время одни методы и показатели (особенно в оценках эффективности) концептуально ориентированы на использование выходной информации о производстве независимо от особенностей изучаемого экономического вопроса, другие помогают глубже заглянуть в сущность вопроса и раскрыть причинно-следственные связи, рассматривая экономический процесс в системе мероприятий, эффект которого составляет измеримую часть результата производства.

При изучении различных экономико-математических методов важное место занимают методы исследования операций.

Лекции ориентированы на учет реальных производственных ситуаций и учитывают современные достижения в развитии количественных методов.

В лекции 1 показано моделирование совокупности взаимосвязанных работ и событий, отображающих процесс достижения поставленной цели.

Чтобы обеспечить непрерывность и ритмичность процессов производства и потребления, необходимо изучить методы управления запасами (лекция 2).

Использование в сельскохозяйственном производстве теории игр рассматривается в лекции 3.

Материал лекции 4 посвящен изучению методов управления в системе массового обслуживания в экономике.

Балансовый метод представляет собой систему показателей, с помощью которых проводится анализ состояния сбалансированности взаимосвязанных частей (лекция 5).

Исследование операций представляет собой комплекс научных методов для решения задач эффективного управления организационными системами.

Многие технико-экономические задачи, а также задачи, связанные с народнохозяйственным планированием могут быть решены на строгой научной основе только лишь при условии широкого применения методов современной математики. Применение математических методов для решения экономических и других проблем и привело к возникновению новой математической отрасли, получившей название «математическое программирование».

Чем занимается линейное программирование, что составляет предмет этой науки?

На поставленный вопрос можно в общих чертах ответить примерно так: линейное программирование представляет собой совокупность методов, позволяющих полученным образом распределить ресурсы, имеющиеся в нашем распоряжении для решения различных народнохозяйственных задач.

При решении любой технико-экономической задачи, представляющей народнохозяйственный интерес, мы ставим перед собой определенную цель, которую желаем достичь.

Однако мы располагаем ограниченным количеством средств или ресурсов.

Если бы распределение наличных ресурсов было единственно, то, по существу, никакой задачи не было бы. Оказывается, однако, что ресурсы могут быть распределены различным образом и один вариант распределения отличается от другого своей эффективностью.

Возникает следующая проблема: из множества вариантов решений задачи необходимо внедрить именно тот, который обеспечивает наилучшее или наиболее эффективное распределение наличных ресурсов.

Решение каждой конкретной задачи сопровождается выбором определенной программы действий. Отсюда и название дисциплины – программирование.

Термин «линейное программирование» связан с тем, что задачи, которые приходится рассматривать, как правило, сводятся к решению систем линейных уравнений или неравенств.

Чтобы иметь представление об эффективности использования методов линейного программирования, приведем пример.

Была решена транспортная задача по развозу строительного песка. Из десяти пунктов следовало наиболее рационально развезти песок

к 230 строительным площадкам. Решение ее с помощью методов линейного программирования дало возможность получить 11 % экономии.

До последнего времени внутриотраслевое и (межотраслевое) планирование проводилось, как правило, на недостаточно строго научной основе. Из множества вариантов распределения ресурсов по отдельным отраслям не всегда выбирались самые лучшие.

В решении этой проблемы, т. е. в овладении методикой строго научного планирования, математика играет немаловажную роль.

Проникновение математических методов в область экономики и решение важнейших задач по оптимальному планированию неразрывно связано с развитием вычислительной техники.

## **Лекция 1. МЕТОДЫ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

### **1.1. Общее понятие о методах сетевого планирования**

Применение сетевых методов планирования имеет небольшую историю. Планирование сложных процессов в агропромышленном комплексе приводит к большому количеству задач, которые можно сформулировать и решить как сетевые модели. На основе таких моделей разработано множество методов сетевого планирования и управления (СПУ), которые позволяют составить рациональный план решения производственной задачи в кратчайшие сроки и с минимальными потерями. Каждый из методов дает возможность своевременной оценки «узких мест» и внесения необходимых коррективов в управленческие решения. Наиболее известными методами СПУ являются метод критического пути (сокращенно СРМ) и метод оценки обзора программы (сокращенно PERT). Диапазон их применения весьма широк: от задач, касающихся деятельности отдельных лиц, до проектов, в которых участвуют многие организации. Для того чтобы составить план работ по осуществлению любого проекта, необходимо описать его с помощью некоторой математической модели. Такой является сетевая модель, реализация которой включает следующие этапы:

- расчленение проекта на ряд отдельных работ (операций), их отношения предшествования, а также оценка продолжительности выполнения каждой работы;
- составление сетевого графика проекта;
- сетевой анализ для возможного пересмотра плана выполнения работ с целью его оптимизации.

Таким образом, в сетевой модели происходит моделирование совокупности взаимосвязанных работ и событий, отображающих процесс достижения определенной цели.

Сетевая модель обладает следующими основными свойствами:

- ни одно событие не может происходить до тех пор, пока не будут закончены все входящие в него работы;
- ни одна работа, выходящая из данного события, не может начаться до тех пор, пока не произойдет данное событие;
- ни одна последующая работа не может начаться раньше, чем будут закончены все предшествующие работы.

Все работы, которые необходимо выполнить для достижения поставленной цели, изображаются во взаимосвязи.

Графическое изображение в виде сети позволяет охватить весь комплекс в целом и сосредоточиться на отдельных его участках. Обзорность и полнота информации, представленной в графическом виде, сочетается с ее доступностью для специалистов.

Помимо графического изображения работ, которые предполагается выполнить, график содержит оценки (времени, стоимости, ресурсов и др.).

## **1.2. Элементы и принципы построения сетевых графиков**

Основными параметрами сетевого графика являются время и затраты. Эти два фактора находятся в непосредственной зависимости друг от друга: чем короче заданный срок выполнения работ, тем больше затрат потребуются для выполнения этих работ, и наоборот.

Анализ сетевого графика позволяет выбрать оптимальный вариант плана, обеспечивающий выполнение всех работ в заданные сроки и с минимальными затратами.

Основными элементами сетевого графика являются события (обозначаются кружками) и работы (обозначаются стрелками). Каждая стрелка должна соединять два кружка (первый кружок обозначает начало данной работы, а второй – конец). Два кружка могут соединиться только одной стрелкой. Этим определяется последовательность выполнения каждой работы. Несколько стрелок могут исходить из одного кружка или подходить к одному кружку.

Кружок, обозначающий событие, может содержать несколько секторов и дополнительную информацию о работе (рис. 1.1).

Например, верхний сектор ( $I$ ) обозначает объем работы, нижний средний – ее номер ( $N$ ). Левый нижний сектор означает производи-

тельность агрегата ( $P$ ), правый нижний – количество агрегатов (исполнителей), необходимых для выполнения работ ( $n$ ).

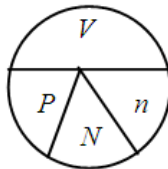


Рис. 1.1

В сетевом графике, изображенном на рис. 1.2, событие 1 означает, что началась работа  $a$ . Событие 2 фиксирует окончание работы  $a$ , начало работ  $b$  и  $c$ , т. е. условием для начала работ  $b$  и  $c$  является окончание работы  $a$ . Работу  $d$  нельзя начать до окончания работы  $b$ , а работу  $e$  – до окончания работы  $c$ .

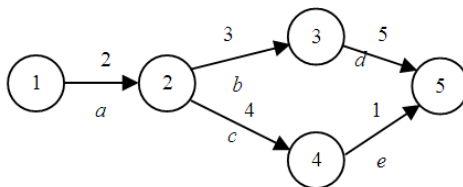


Рис. 1.2

Наступление конечного события обозначает окончание работ  $d$  и  $e$  и одновременно завершение всего комплекса работ.

Таким образом, работы, включенные в комплекс, участвуют в достижении конечной цели и все они должны быть выполнены.

Сетевой график – изображение условное, в котором не выдерживается масштаб.

На рис. 1.2 цифрами над стрелками обозначена продолжительность каждой работы в определенном масштабе времени.

Единицами измерения времени могут быть часы, дни, недели и т. д. События не имеют продолжительности, они означают лишь факт окончания одной работы и начала другой.

Основным правилом графика является то, что два события могут быть соединены только одной стрелкой.

При отсутствии технологической связи между событиями используют пунктирную линию, которая в сети рассматривается как и любая другая работа с той лишь разницей, что продолжительность работы принимается равной 0.

Рассмотрим содержание графика с учетом временного фактора. При этом счет времени ведется от нуля, т. е. событие 1 совершается в нулевой момент времени. Предположим, что затраты времени указаны в днях. Очевидно, что событие 3 наступит через 5 дней после начала работ по выполнению данного комплекса, а событие 4 – через 6 дней. Для наступления финального события 5 надо выполнить еще работы  $d$  и  $e$ . Первая из них может быть начата не ранее, чем через 5 дней после начала работ, и должна продолжаться 5 дней. Таким образом, событие 5 не может наступить раньше, чем через 10 дней ( $5 + 5$ ) после начала работ.

При этом надо еще учесть работу  $e$ , которая начнется не ранее чем через 6 дней после начала работ и будет выполнена за 1 день. Окончание ее наступит через 7 дней ( $6 + 1$ ). Однако этот срок (7 дней) является недостаточным для наступления финального события 5, так как работа  $d$  по истечении семидневного срока еще не будет выполнена. Следовательно, наиболее ранний срок окончания всего комплекса работ составляет 10 дней.

### 1.3. Расчет критического пути и характеристик сетевого графика

Критическим путем называется такая последовательность выполнения работ (путь от исходного события до завершающего), которая занимает во времени наибольшую продолжительность. В рассматриваемом примере мы имели две последовательности работ (два пути):  $a, b, d$  и  $a, c, e$ . Из них критическим путем является первый, продолжительность которого составляет 10 дней. Он занимает большее время и потому определяет срок выполнения всего комплекса работ. Работы, не лежащие на критическом пути, будут иметь некоторые запасы времени, определяемые во времени реализации работ на критическом пути. В нашем примере эта разница была равна трем дням ( $10 - 7$ ).

Выполнение работ  $c$  и  $e$ , не лежащих на критическом пути, может быть задержано на три дня без ущерба для срока выполнения всего комплекса работ. Если же задержка с выполнением данных работ составит свыше трех дней, то это приведет к более позднему наступлению завершающего события 5 и к тому, что другой путь ( $a, c, e$ ) станет критическим.



Критический путь – это то место программы, на котором должно быть сосредоточено внимание руководителя. Временные оценки для каждой работы всегда предварительны. После их использования для нахождения критического пути эти оценки подлежат уточнению. Процесс уточнения оценок направлен на сокращение времени критического пути, которое может идти по нескольким направлениям. Наиболее применяемый способ состоит в перераспределении ресурсов на производство критических работ путем изъятия данных ресурсов у некритических. В результате этого время выполнения первых работ сокращается, а вторых увеличивается.

Перераспределение ресурсов должно производиться в известных пределах, т. е. можно привлечь дополнительные ресурсы или изменить технологию производства.

При втором способе сокращения продолжительности критического пути меняются не временные оценки, а последовательность выполнения работ. Уменьшение продолжительности критического пути достигается за счет изменений в организации самого процесса. Там, где это возможно, следующие одна за другой работы на отрезке критического пути совмещаются во времени, т. е. часть последовательных работ преобразуется в параллельные.

Для характеристики возможностей сетевого планирования приведем сетевой график выполнения работ (табл. 1.1).

Т а б л и ц а 1.1 Содержание и характеристика механизированных работ

Вид сельскохозяйственных работ	Состав агрегата	Сроки		Продолжительность, дн.	Объем работ	Выработка в день	Наличие машин, ед.
		Начало работ	Окончание работ				
1	2	3	4	5	6	7	8
Скашивание зерновых в валки, га	«Нива»	01.08	09.08	9	800	12,0	10
Подбор и обмолот, га	«Нива»	04.08	12.08	9	800	12,0	10
Сволакивание соломы, га	МТЗ-82	06.08	13.08	8	500	14,0	8
Скирдование соломы, га	МТЗ-82	07.08	14.08	8	660	17,0	8

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Перевозка зерна с тока на склад, т	МТЗ-82	13.08	15.08	3	220	20,0	8
Подъем зяби, га	МТЗ-82 ДТ-75	14.08 14.08	20.08 20.08	7 7	800	6,0 26,0	– –

Первая работа может быть завершена за 9 дней (если работать всеми машинами). Однако мы видим, что в срок с 01.08 по 03.08 включительно на скашивании валков может работать 10 машин, выработка составит 360 га ( $10 \cdot 12 \cdot 3$ ). Остается еще 440 га ( $800 - 360$ ) на период с 04.08 по 09.08, т. е. 6 дней. При этом потребуются 6 агрегатов ( $440 : (12 \cdot 6)$ ). Значит, с 04.08 по 09.08 на подборе валков будет работать 6 комбайнов и сделают они  $6 \cdot (12 \cdot 6) = 6 \cdot 72 = 432$  га. В течение периода с 10.08 по 12.08 на подборе валков может работать 10 комбайнов. Они должны работать, чтобы выполнить оставшийся объем работ:  $800 - 432 = 368 : (10 \cdot 12) = 368 : 120 = 3$  дня. Подбор валков можно завершить 12 числа, т. е. за 10.08, 11.08 и 12.08.

Подбор и обмолот зерна создают условия для сволакивания соломы. С 06.08 по 07.08 на этой работе можно занять все 8 тракторов МТЗ-82, которые выполняют следующий объем работ:  $8 \cdot (14 \cdot 2) = 8 \times 28 = 224$  га. Остается:  $500 - 224 = 276$  га. Для выполнения этой работы с 07.08 по 13.08 потребуются тракторов:  $276 : (7 \cdot 14) = 276 : 98 = 3$  единицы. Значит, из числа 8 тракторов на скирдовании с 07.08 по 14.08 (т. е. 8 дней) может находиться  $8 - 3 = 5$  тракторов МТЗ-82. Они в состоянии заскирдовать  $5 \cdot 17 \cdot 8 = 660$  га. Следовательно, на транспортных работах 14.08 могут работать освободившиеся после сволакивания соломы 3 трактора МТЗ-82, а 15.08 – 8 тракторов МТЗ-82. За 14.08 три трактора МТЗ-82 перевезут 60 т соломы ( $20 \cdot 6$ ), а оставшиеся 160 т ( $220 - 60$ ) 15.08 перевезут 8 тракторов МТЗ-82 ( $8 \cdot 1 \cdot 20 = 160$  т). Завершение сволакивания соломы создает возможность проведения подъема зяби. При этом имеющиеся в хозяйстве 8 тракторов МТЗ-82 приступят к подъему зяби 16.08, т. е. после перевозки зерна с тока.

За период с 16.08 по 20.08 (т. е. за пять дней) с использованием тракторов МТЗ-82 будет вспахано 240 га ( $5 \cdot 8 \cdot 6$ ) зяби.

Для вспашки в течение семи дней оставшихся 560 га ( $800 - 240$ ) данному хозяйству необходимо приобрести  $560 : 7 : 20 \approx 5(4)$  тракторов ДТ-75.

На основе имеющейся информации построим сетевой график, который представлен на рис. 1.3.

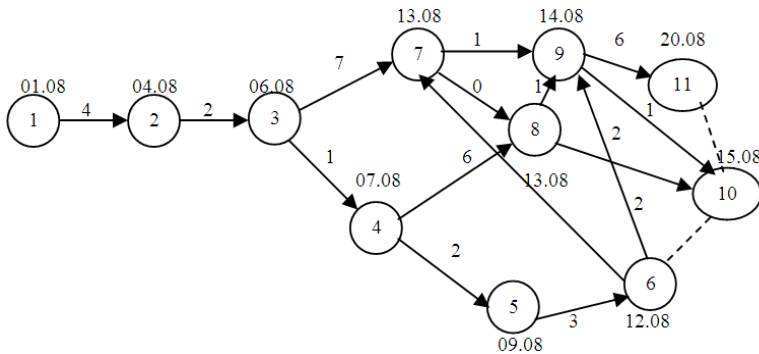


Рис. 1.3

Нумерацию событий произведем с соблюдением требования, что номер последующего события не должен быть меньше номера предыдущего. Допустим при этом, что начало работы обозначается индексом  $i$ , а окончание – индексом  $j$ ,  $a_{ij}$  обозначает продолжительность работы  $ij$ . Для каждой пары, т. е. работы  $ij$ , соблюдаются условия: индексы  $i$  и  $j$  объединяют события, т. е. определяют работу, соединенную стрелкой, идущей от  $i$  к  $j$ , кроме того, значение  $j$  должно быть больше, чем  $i$ .

Рассчитаем критический путь и другие временные характеристики сетевого графика. Для определения критического пути, т. е. наибольшего по продолжительности времени выполнения работ, составим все возможные варианты выполнения этих работ (табл. 1.2).

Т а б л и ц а 1.2. Возможные пути выполнения работ

Номер пути	Состав пути	Продолжительность пути, дн.
1	1–2–3–7–9–4	20
2	1–2–3–7–9–10–11	15
3	1–2–3–4–8–9–10–4	15
4	1–2–3–4–8–10–11	15
5	1–2–3–4–5–6–8–9–10–11	15

При этом события 10 и 11, связанные между собой не прямо, а опосредованно, будут иметь нулевую продолжительность. Для изучения

возможных запасов времени составим таблицу наиболее ранних и наиболее поздних сроков начала и окончания работ (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Временные характеристики сетевого графика

Условное обозначение работы $ij$	Продолжительность выполнения работ $y_{ij}$	Наиболее раннее время		Наиболее позднее время		Максимальное время выполнения работы $t'_j - t'_j$
		начала работ $t'_j$	окончания работ $t'_j + y_{ij}$	начала работ $t''_j - y_{ij}$	окончания работ $t''_j$	
1	2	3	4	5	6	7
1–2	4	0	4	0	4	4
2–3	2	4	6	4	6	2
3–7	7	6	13	6	13	7
3–4	1	6	7	6	7	1
4–5	2	7	9	7	9	2
4–8	6	7	13	7	13	6
5–6	3	9	12	9	12	3
6–7	1	12	13	12	13	1
6–8	1	12	13	12	13	1
6–9	2	12	14	12	14	2
7–8	0	13	13	13	13	0
7–9	1	13	14	13	14	1
8–9	1	13	14	13	14	1
8–10	2	13	15	18	20	7
9–10	1	14	15	19	20	6
9–11	6	14	20	14	20	6

При заполнении таблицы в целях упрощения будем исходить из того, что событие 1 происходит не в календарные сроки, а в нулевой момент времени. При заполнении графы 1 помещаем рядом работы, имеющие общее начало. Продолжительность работ ( $y_{ij}$ ) берем из сетевого графика как разницу между сроками окончания и начала ( $t_i$ ) конкретной работы. Наиболее ранние сроки начала работ ( $t_j$ ) определяются максимальным временем, которое требуется для выполнения всех предшествующих работ.

Так, для работы, начинающейся событием 1, никакая другая работа не предшествует и наиболее раннее время начала работы здесь равно 0. Работам, начинающимся событием 2, предшествует первая рабо-

та, обозначенная нами парой событий 1–2. Ее продолжительность составляет 4 дня. Следовательно, наиболее ранний срок выполнения работ, начинающихся событием 2, составит 4 дня. В свою очередь, наиболее раннее время  $t'_i$  начала работы 3–7 получаем, складывая продолжительность работ 1–2 и 2–3, лежащих на пути между первым и третьим событием. Если же началу события 1 предшествует несколько путей, то в этом случае наиболее ранний срок начала работы определяется наибольшей продолжительностью пути. Например, событию 7, являющемуся началом для работ 7–9 и 7–8, предшествуют 2 пути (1–2–3–4–5–6–7 и 1–2–3–7).

Наиболее позднее время начала и окончания работы начинаем с заполнения графы 6, т. е. с наиболее позднего времени окончания работы. Эти расчеты начинаем выполнять с конца, т. е. с определения наиболее позднего времени наступления конечного события 11. Это наиболее позднее время окончания работы  $j$  получаем посредством вычитания из наиболее позднего срока окончания последующей работы  $j + 1$  продолжительности этой работы  $j$ .

Например, для работ 9–10 и 10–11  $t''_j - t''_{j+1} = 20$ . Следовательно, для работ 9–10 и 8–10  $t''_i = 20 - y_{10-11} = 20 - 0 = 20$ .

Для определения наиболее позднего срока окончания работ 7–9, 8–9 и 6–9 сравниваем числа  $20 - y_{9-10} - y_{10-11} = 20 - 1 - 0 = 19$  и  $20 - y_{9-10} = 20 - 6 = 14$ .

Наименьшее из полученных чисел (т. е. 14) будет искомым  $t''_j$  для работ 7–9, 8–9, 6–9.

Для определения наиболее позднего времени начала работы необходимо из наиболее позднего времени окончания работы вычесть ее продолжительность, т. е.  $t''_j - y_{ij}$ .

Максимальное время для выполнения работы определяется как разность между наиболее поздним временем ее окончания и наиболее ранним временем ее начала, т. е.  $t''_i - t'_i$ .

Поскольку наряду с критическим путем имеются и другие пути, которые критическими не являются, то имеется возможность определить запас времени по работе  $ij$ , при этом  $R_{ij}$  определяется как разность между максимальным временем для выполнения работы и ее продолжительностью, т. е.  $R_{ij} = t''_i - t'_i - y_{ij}$ .

Таким образом, запасы рабочего времени имеются для работ 8–10, 9–10 и составляют  $R_{9-10} = 7 - 2 = 5$  дней,  $R_{9-10} = 6 - 1 = 5$  дней.

## Лекция 2. МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

### 2.1. Постановка задачи

Под запасами понимается то, на что имеется спрос и что выключено временно из потребления. В агропромышленном комплексе имеются запасы материальных ресурсов, денежных средств, трудовых ресурсов и др.

Запасы материальных ресурсов необходимы для обеспечения непрерывности и ритмичности процессов производства и потребления. Совокупные запасы на пути технологической цепочки «поставщик – потребитель» можно разделить на две части: товарные и производственные.

Производственные запасы – это часть совокупных запасов, находящаяся непосредственно у потребителей, но не вступивших в производственных процесс.

Товарные запасы – это часть совокупных запасов, которые находятся в обращении. Определенные товарные запасы формируются в различных звеньях оптовой и розничной торговли. Уровень и структура их должны быть такими, чтобы:

- удовлетворять спрос каждого покупателя;
- выполнять план товарооборота;
- устранить простои продавцов и складских работников.

Из-за цикличности сельскохозяйственного производства, а в силу этого в определенной мере и предприятий по переработке, хранению и реализации конечной продукции сельского хозяйства задачи управления запасами в хозяйствах могут рассматриваться применительно к характерным периодам, т. е. при максимальной, средней или малой загрузке этих хозяйств.

Обеспечение непрерывности процесса производства в течение какого-то периода приводит к тому, что сырье и материалы завозятся партиями. При этом необходимо знать число партий, т. е. запасов сырья и материалов, которые предприятию следует создать, чтобы общие издержки товаропроизводителя или поставщика услуг были минимальными. Речь может идти об удобрениях, горючем, запасных частях и т. д.

Чтобы сформировать математическую модель управления запасами, введем основные понятия, определяющие ее содержание.

Включение сырья и материалов в производственный процесс, вплоть до создания конечного продукта или завершения выполнения этого процесса, предполагает следующие этапы и понятия.

1. Оформление и доставка сырья и материалов, которые определяют организационные издержки ( $C_1$ ).

2. Хранение сырья и материалов. Издержки по содержанию запасов формируются за счет амортизации помещений, возможных потерь при хранении. В свою очередь, сумма амортизации и потерь при удлинении сроков хранения определяет размер партии сырья и материалов ( $C_2$ ).

3. Издержки по производству товара или выполнению услуг ( $C_3$ ).

4. Объем спроса ( $V$ ). Допускается, что спрос на сырье и материалы постояен, непрерывен и полностью удовлетворяется.

5. Организационные издержки на доставку партии товаров, сырья, материалов ( $a$ ). Допускается, что в течение рассматриваемого периода организационные издержки (простейший вариант) не зависят от размера партии (перевозки грузов, в том числе малогабаритных изделий).

6. Стоимость полученной в результате использования сырья и материалов единицы товара или вида услуг ( $W$ ). В первом приближении в течение рассматриваемого периода эта стоимость постоянна.

7. Издержки по хранению единицы сырья или материалов в течение рассматриваемого периода ( $b$ ) постоянны.

8. Количество единиц сырья ( $y$ ) или материалов и их размеры в одной партии в течение рассматриваемого периода постоянны.

## 2.2. Основные ограничения задачи

Общие издержки предприятия по обеспечению производственного цикла, начиная от закупки сырья и материалов и заканчивая завершением производственного цикла или исполнением услуг ( $C_0$ ), составляют:

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3,$$

где  $C_1$  – организационные издержки;

$C_2$  – издержки по содержанию запасов;

$C_3$  – издержки производства, т. е. цена товаров или услуг.

В свою очередь, издержки  $C_1$  зависят от спроса (его объема), количества товаров в партии, числа партий и организационных издержек, приходящихся на единицу партии.

Число партий составляет  $V/y$ , а с учетом организационных издержек, приходящихся на одну партию ( $a$ ),

$$C_1 = \frac{Va}{y}.$$

Объем запаса в течение производственного цикла будет равномерно убывать от  $y$  до  $0$ . Следовательно, средний объем запаса составит  $\frac{y+0}{2} = \frac{y}{2}$ , а общие издержки на содержание запасов – соответственно

$$C_2 = \frac{y}{2}b.$$

Следует иметь в виду, что все другие партии сырья и материалов будут храниться на одной площади. Поэтому издержки  $C_2 = \frac{by}{2}$  являются издержками, приходящимися на все партии сырья и материалов за производственный цикл.

Стоимость товаров или услуг составит  $C_3 = VW$ . Тогда  $C_0 = C_1 + C_2 + C_3 = \frac{Va}{y} + VW + \frac{yb}{2}$ . Поскольку неизвестной в уравнении является  $y$ , а все остальные величины известны, то минимизация  $C_0$

зависит от  $y$ , т. е.  $C_0 = f(y)$ . Рассчитав производную  $\frac{dC_0}{dy}$ , найдем

значение  $y$ :  $\frac{dC_0}{dy} = -aV/y^2 + b/2$ . Поскольку  $\frac{dC_0}{dy} = 0$ , то

$$b/2 = aV/y^2, \text{ откуда } y = \sqrt{2aV/b}.$$

Рассмотрим использование изложенной методики на примере.

**Пример 1.** Потребность сельскохозяйственной организации в минеральных удобрениях, которые будут вноситься равномерно в течение посевного периода (40 дней), составляет 400 т. Организационные издержки в расчете на одну партию составляют 22 у. д. е. Цена 1 т удобрений равна 250 у. д. е., а издержки на хранение 1 т удобрений в течение периода весенних работ составляют 7 у. д. е.

Условные обозначения:

$$V = 400; a = 22; W = 250; b = 7.$$



Общие издержки в течение посевного периода составят:

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 = \frac{400 \cdot 22}{y} + \frac{7xy}{2} + 400 \cdot 250,$$

где  $C_1$  – организационные издержки по оформлению и доставке удобрений, у. д. е.;

$C_2$  – общие издержки на содержание запасов удобрений одной партии, у. д. е.;

$C_3$  – стоимость удобрений, у. д. е.

$$C_1 = \frac{V_a}{y} = \frac{22 \cdot 400}{y}, \quad C_2 = \frac{by}{2} = \frac{7y}{2}, \quad C_3 = VW = 400 \cdot 250 = 100000,$$

$$\frac{dC_0}{dy} = \sqrt{2aV/b} = \sqrt{\frac{2 \cdot 22 \cdot 400}{7}} = \sqrt{25/4} = 50,1.$$

Таким образом, размер партии составляет 50,1 т, а число поставок –  $V/y = 400 / 50,1 \approx 8$ .

### 2.3. Управление запасами с учетом издержек на потери и штрафы

В зависимости от характера экономических взаимоотношений потребителей и поставщиков сырья и материалов, особенностей этих материалов и условий их хранения и использования возможно возникновение дефицита сырья и материалов, который при следующих поставках ликвидируется. При этом могут взиматься штрафы за несвоевременные поставки и потери конечных продуктов вследствие нарушений технологического цикла.

Возможны ситуации, когда недопоставка запасов является мерой вынужденной (площади склада заняты, непрерывный технологический процесс приостанавливается). В этой ситуации выплата штрафа может быть выгоднее расходования средств и использования складов для хранения нормативного запаса.

Цель данной задачи состоит в определении такого значения количества товара  $n$  (меньше оптимальной величины партии  $y$ ), при котором экономия средств на хранение запасов будет превышать величину штрафа.

Для оформления модели построим график, характеризующий взаимодействие элементов задачи (рис. 2.1).

На рис. 2.1 указаны следующие условные обозначения:

$y$  – оптимальный размер партии, шт.;

$m$  – запас сырья, материалов, предполагающий дефицит;  
 $B$  – издержки сырья, материалов, предполагающие дефицит;  
 $C$  – затраты на штраф в расчете на единицу времени.

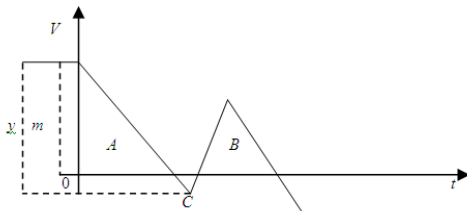


Рис. 2.1

Издержки производственного цикла на содержание запасов и штраф составят:

$$C = C_1 + C_2,$$

где  $C_1$  – общие издержки содержания запасов;

$C_2$  – общие штрафные издержки:  $0A$  или  $t_0$  – промежуток времени, в течение которого сырье или материалы находятся на складе.

Интенсивность спроса ( $e$ ) на сырье или материалы или норма их расхода в единицу времени рассчитывается по формуле  $e = AД = m / t_0$ . Отсюда  $t_0 = m / e$ ,  $m / 2$  – средний объем запасов за период  $t_0$ .

Следовательно, общие издержки содержания запасов составляют:

$$C_1 = b \frac{m}{2} \frac{m}{e} = \frac{bm^2}{2e}.$$

Штраф за недопоставку сырья и материалов ( $y - m$ ) в течение времени  $t$  или  $AB$  составляет:

$$C_2 = \frac{(y - m)}{2} z \frac{(y - m)}{c} \frac{z(y - m)^2}{2e},$$

где  $\frac{(y - m)}{2}$  – средний объем недопоставок сырья и материалов.

Общие издержки на содержание запасов и оплату штрафов составляют:

$$C_1 = \frac{bm^2}{2e} + \frac{z(y-m)^2}{2e} = \frac{bm^2 + z(y-m)^2}{2e}.$$

Поскольку в данном выражении  $m$  является неизвестным, то, найдя  $\frac{dc}{dm}$ , получим  $m_{\text{опт}} = ze / (b + z)$ .

**Пример 2.** Допустим, что необходимо обосновать оптимальный запас удобрений (пример 1) в случае, если для их хранения в хозяйстве недостаточно помещений, а условия хранения удобрений в хозяйстве предполагают потери и снижение качества их. В этом случае снижение запаса сверх нормального предполагает взыскание штрафа в размере 0,14 у. д. е. за хранение 1 т удобрений в день.

**Исходные данные:**

$z$  – затраты на штраф за 1 т удобрений в расчете на 1 день (0,14 у. д. е.);

$e$  – интенсивность спроса или объем сырья и материалов (т) в расчете на 1 день производственного цикла (400 / 40), где 40 – продолжительность цикла периода работ, дн.;

$b$  – издержки хранения единицы товара (т) за единицу времени (1 день) – 7 / 40 = 0,175 у. д. е., где 7 – издержки по хранению товара в день, у. д. е.

$$\text{Тогда } m_{\text{опт}} = 0,14 \cdot 10 / (0,175 + 0,1) = \frac{14}{0,275} \approx 5 \text{ т.}$$

Таким образом, в условиях рассматриваемого хозяйства размер одной поставки должен составить 5 т удобрений, а количество поставок в течение периода внесения удобрений (40 дней) составит 80 (400 / 5).

### **Лекция 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ИГР ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ**

В рыночной экономике нередко приходится использовать элементы теории игр, так как в процессе человеческой деятельности возможны ситуации, когда ее участники имеют противоположные интересы или же намерения сторон отличаются неопределенностью. Выработкой рекомендаций по рациональному образу действий в условиях конфликтных ситуаций занимается математическая теория игр.

Игрой называется совокупность мероприятий, состоящая из ряда действий сторон.

Важным элементом в условии игровых моделей является стратегия, представляющая собой совокупность правил, определяющих выбор

варианта действий при каждом ходе в зависимости от сложившейся обстановки. Если в процессе игры игрок применяет попеременно несколько стратегий, то такая стратегия называется смешанной, а ее элементы – чистыми стратегиями.

Результатом игры является выигрыш или проигрыш одного из игроков, которые могут быть выражены в количественной форме.

Оптимальной стратегией является та, которая при многократном повторении игры обеспечивает данной стороне максимально возможный выигрыш.

Любую игровую схему можно распространить на многие производственные ситуации. В одних случаях ситуации основаны на соперничестве двух сторон. Тогда выигрыш одной стороны зависит от действий другой. В других случаях, которые часто встречаются в экономике аграрного сектора, одна из сторон (природа) безразлична к результату игры. Однако воздействие природы существенно, ибо, выражая свое влияние через соответствующие факторы (осадки и др.), она придает вероятностный характер урожайности сельскохозяйственных культур и результативным показателям предприятий в целом.

В случае если природа выступает в качестве одной стороны (участника) игры (как и в других случаях), важно знать поведение другой стороны. Закономерности, если таковые имеются, чаще всего выражаются вероятностью определенных действий другой стороны.

В зависимости от состояния природы используются различные методы и методики принятия решений. Рассмотрим данные подходы на примере.

**Пример.** Проанализируем возможную урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от почвенного состава полей и погодных условий.

***Исходная информация.***

I. Имеются три участка с различными почвенными характеристиками (стратегиями):  $A_1, A_2, A_3$ .

II. Погодные условия характеризуются тремя состояниями:  $\Pi_1$  – норма,  $\Pi_2$  – меньше нормы,  $\Pi_3$  – больше нормы.

III. Средняя урожайность картофеля на участках в зависимости от погодных условий составит:

	$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$
$A_1$	178	182	162
$A_2$	180	167	185
$A_3$	190	160	215

IV. Вероятность погодных условий по многолетним данным такова:

1) норма  $P_1 = 0,4$ ; 2) меньше нормы  $P_2 = 0,3$ ; 3) больше нормы  $P_3 = 0,24$ .

1. Средняя урожайность по участкам при условиях погоды, отличных от равновероятностных ( $C_p \neq 0$ ), следующая:

$$a_1 = 178 \cdot 0,4 + 182 \cdot 0,3 + 162 \cdot 0,3 = 174,4;$$

$$a_2 = 180 \cdot 0,4 + \dots = 177,6;$$

$$a_3 = 190 \cdot 0,4 + \dots = 188,5.$$

По критерию Байеса оптимальной является максимальная средняя урожайность:

$$(\bar{a}_1; \bar{a}_2; \bar{a}_3) \max(174,4 / 177,6 / 188,5) = 188,5.$$

2. При равновероятностных условиях погоды

$$P_1 = P_2 = P_3 = 1/3$$

имеем:  $a_1 = 1/3(178 : 182 : 162) = 174$ ;

$$a_2 = \dots = 177,3;$$

$$a_3 = \dots = 188,3.$$

По критерию Лапласа (как и Байеса) оптимальным является стратегия  $A_3$ , при которой средняя урожайность составит:

$$\max(174,4 : 177,6 : 188,5) = 188,5.$$

3. Вероятностные характеристики отсутствуют.

По критерию Вальда оптимальной будет та стратегия, которая в наихудших условиях обеспечит максимальную урожайность:

$$\max(a_1; a_2; a_3),$$

где  $a_1 = \min(178; 182; 162) = 162$ ;

$$a_2 = \min(180; 167; 185) = 167;$$

$$a_3 = \min(190; 160; 215) = 160.$$

По критерию Вальда максимальная урожайность, которую получили независимо от погодных условий на участке  $A_2$ , составит 167 ц.

4. Критерий Сэвиджа.

Строим матрицу риска:  $r_{ij} = \beta_j - \alpha_{ij}$ ;  $\beta_j = \max \alpha_{ij}$ ;  $\beta_1 = 190$ ;  $\beta_2 = 182$ ;  $\beta_3 = 215$ .

	$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$
$A_1$	12	0	53
$A_2$	10	15	30
$A_3$	0	22	0

Оптимальной является та стратегия, для которой число определяется по формуле

$$r_{ij} = \min, \max r_{ij}.$$

Определяем максимальное значение риска по каждой строке:

$$\max(12; 0; 53) = 53;$$

$$\max(10; 15; 30) = 30;$$

$$\max(0; 22; 0) = 22.$$

Тогда  $r(53; 30; 22) = 22$ , т. е. оптимальной является стратегия  $A_3$  на участке  $\Pi_3$  при минимуме потерь.

5. Для проверки решения (вывода) используем критерий Гурвица. Выбираем число  $Z$  на отрезке  $(0, 1)$ , т. е.  $Z \in (0, 1)$ . Если принято  $Z = 0$ , то имеем точку крайнего оптимизма:

$$\max_j [Z \min_j a_{ij} + (1 - Z) \max_j a_{ij}] = \max_j (\max_j a_{ij});$$

$$\max a_{1j} = \max(178; 182; 162) = 182;$$

$$\max a_{2j} = \max(180; 167; 185) = 185;$$

$$\max a_{3j} = \max(190; 160; 215) = 215.$$

Отсюда  $\max = \max a_{ij} = \max(182; 185; 215) = 215$ , т. е. принимается стратегия  $A_3$ .

При этом  $Z = 1$  – критерий крайнего пессимизма. Решение предполагает выбор участка  $A_2$  при урожайности 167 ц/га, при  $Z = 0,5$  (среднее значение критерия):

$$\max [0,5 \min a_{ij} + 0,5 \max a_{ij}] = \max h_i.$$

	$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$
$A_1$	178	182	162
$A_2$	180	167	185
$A_3$	190	160	215

$0,5 \min a_{ij}$	$0,5 \max a_{ij}$	$h_i$
81	91	172
83,5	92,5	176
80	95	175

Таким образом, оптимальным является значение 176,0.

#### **Лекция 4. МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В ЭКОНОМИКЕ**

Теория массового обслуживания изучает процессы, в которых, с одной стороны, постоянно возникают запросы на выполнение каких-

либо работ, а с другой – происходит постоянное удовлетворение этих запросов. Совокупность обслуживающей и обслуживаемой систем составляет систему массового обслуживания (СМО).

В условиях рыночной экономики типичной является ситуация, когда заказчик обращается к исполнителю (организации, лицу и т. д.) с просьбой выполнить работу (заказ) или оказать услугу. Особенности взаимоотношений заказчика и исполнителя, как правило, являются:

- вероятностный характер потребностей заказчика;
- рабочее состояние исполнителя, его предрасположенность к исполнению заказа;
- экономическая выгодность взаимоотношений.

Ожидание заказов исполнителем в условиях вероятностного характера возникновения потребностей у заказчиков является объектом системы массового обслуживания.

Цель СМО – выявление закономерностей во взаимоотношениях заказчиков и исполнителей для обоснования целесообразных и эффективных параметров и характеристик исполнителя для качественного и эффективного выполнения требований заказчиков (заказчика).

В экономике СМО используется при обосновании оптимальной численности отделов или служб предприятий, мощности ремонтных и других организаций, обслуживающих объекты системы агросервиса, и т. д.

Основными элементами СМО являются каналы обслуживания и выходящий поток информации (рис. 4.1).

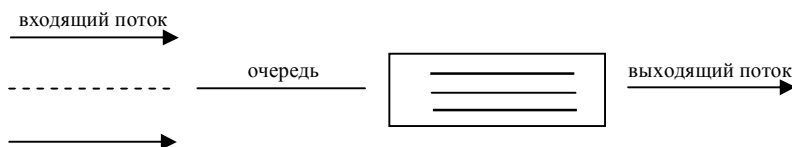


Рис. 4.1. Взаимосвязи в системе массового обслуживания и ее элементы

Построение блок-схемы СМО осуществляется с соблюдением следующих условий:

- заявок на выполнение работ и услуг может быть множество. При этом вероятность поступления заявки зависит только от времени;
- поступление заявок не зависит от количества ранее поступивших заявок. При этом имеется минимальный интервал в поступлении зая-

вок, т. е. можно считать, что они не поступили одновременно, и на этой основе установить очередность их выполнения.

В зависимости от количества каналов обслуживания и числа заявок возможны следующие ситуации.

1. Каналы обслуживания заняты, но заказчик не встает в очередь и покидает данную систему обслуживания. Такая ситуация называется системой с отказами.

2. Каналы обслуживания заняты, но заказчик встает в очередь. Такая ситуация называется системой ожидания. Она предполагает, что заказ будет обязательно выполнен.

3. В случае СМО с ожиданиями и с ограниченной длиной очереди важно определить вероятность того, что все каналы системы будут заняты. Решение в этом случае предполагает определение вероятности получения отказа и обоснование на этой основе параметров, при которых заказ будет принят.

4. В случае с ожиданием очереди решение состоит в обосновании времени пребывания в очереди и возможностей сокращения этого времени.

#### **Методика расчета параметров СМО с отказами.**

1. Вероятность простоя каналов обслуживания

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{p^k}{k!}},$$

где  $k$  – номер исполнителя;

$n$  – максимальное число исполнителей.

2. Вероятность отказа в обслуживании в связи с занятостью всех исполнителей или каналов обслуживания ( $k = n$ )

$$P_{\text{отк}} = P_n = P_0 \frac{p^n}{n!}.$$

3. Вероятность обслуживания

$$P_{\text{обсл}} = 1 - P_{\text{отк}}.$$

4. Среднее число каналов, занятых обслуживанием,

$$n_1 = pP_{\text{обсл}}.$$



5. Для каналов, занятых обслуживанием,

$$K_1 = \frac{n_1}{n}.$$

6. Пропускная способность всех каналов

$$N = \lambda P_{\text{обсл}},$$

где  $\lambda$  – среднее число заказов в единицу времени.

Рассмотрим пример обоснования эффективных параметров организации при функционировании СМО в ситуации с отказами.

**Пример 1.** В складе «Сельхозхимии» работает три грузчика. Среднее число машин, приезжающих в склад за удобрениями, составляет 4 (в течение часа). Затраты времени на погрузку одной автомашины составляют 40 мин. Если автомашина подъезжает к складу, когда все грузчики заняты, то она направляется на другой склад. Определить вероятность того, что автомашина не будет загружена, степень загрузки трех грузчиков и необходимое число грузчиков, чтобы вновь прибывшая за грузом автомашина была загружена с вероятностью  $P = 0,95$ .

**Исходные данные:**

$\lambda$  – интенсивность заявок, или среднее число автомашин, прибывших за удобрением, в час ( $\lambda = 4$ );

$K$  – число грузчиков ( $K = 3$ );

$T_{\text{обсл}} = 40$  мин, или  $40 / 60 = 0,66$  ч – среднее время на выполнение одного заказа, загрузки одной автомашины;

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{обсл}}} = \frac{1}{0,66} = 1,52 \text{ – количество заказов, выполненных в течение}$$

часа (в единицу времени), или количество автомашин, загруженных в течение часа одним грузчиком;

$P$  – среднее число занятых обслуживанием каналов

$$P = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4}{1,52} = 2,6.$$

**Решение.**

1. Вероятность простоя каналов обслуживания

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{P^k}{k!}} = \frac{1}{\frac{2,6^0}{0!} + \frac{2,6^1}{1!} + \frac{2,6^2}{2!} + \frac{2,6^3}{3!}} = \frac{1}{1 + 2,6 + \frac{6,76}{2} + \frac{17,58}{6}} = \frac{1}{9,91} = 0,101.$$

2. Вероятность отказа в обслуживании

$$P_{\text{отк}} = P_n = P_k \frac{P_0}{n!} = 2,6 \frac{0,101}{3!} = 17,58 \frac{0,101}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 17,58 \cdot 0,0168 = 0,295.$$

3. Вероятность обслуживания  $P_{\text{обсл}} = 1 - 0,295 = 0,705$ .

4. Среднее число занятых обслуживанием исполнителей, каналов обслуживания

$$n_1 = pP_{\text{обсл}} = 2,6 \cdot 0,705 = 1,833.$$

5. Доля каналов, занятых обслуживанием ( $K_1$ ),

$$K_1 = \frac{n_1}{n} = \frac{1,833}{3} = 0,611.$$

6. Абсолютная пропускная способность

$$A = \lambda \cdot P_{\text{обсл}} = 4 \cdot 0,705 = 2,82.$$

При  $K = 3$   $P_{\text{обсл}} = 0,705$ , что менее 950.

Выполненные расчеты свидетельствуют о том, что при  $K = 3$  вероятность загрузки автомашин составит 0,705.

$$\text{При } K = 4 \quad P_0 = \frac{1}{1 + 2,6 + \frac{6,76}{2} + \frac{17,58}{6} + \frac{45,71}{24}} = \frac{1}{11,81} = 0,085;$$

$$P_{\text{отк}} = 2,6^4 \frac{0,08}{4!} = 45,71 \frac{0,085}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} = 45,71 \cdot 0,0035 = 0,160;$$

$$P_{\text{обсл}} = 1 - 0,160 = 0,840 \leq 0,950.$$

При  $K = 5$   $P_0 = 0,078$ ;

$$P_{\text{отк}} = 2,6^5 \frac{0,078}{5!} = 118,84 \cdot 0,00062 = 0,074;$$

$$P_{\text{обсл}} = 1 - 0,074 = 0,926 \leq 0,950.$$

Таким образом, при числе грузчиков  $K = 5$  вероятность загрузки автомашины составит 0,926.

При  $K = 6$   $P_0 = 0,075$ ;

$$P_{\text{отк}} = 2,6^6 \frac{0,075}{6!} = 308,98 \frac{0,075}{720} = 308,98 \cdot 0,0001 = 0,03;$$

$$P_{\text{обсл}} = 1 - 0,03 = 0,97 > 0,95.$$

Таким образом, чтобы с вероятностью не менее 95 % обеспечить загрузку автомашины, требуется шесть грузчиков.

### Методика расчета параметров СМО с ожиданием.

Данная методика применяется в том случае, когда все исполнители заняты, а заказчик становится в очередь, ожидая освобождения одного из исполнителей или каналов обслуживания.

Формулы для расчетов параметров следующие:

1. Вероятность простоя каналов обслуживания заявок ( $K = 0$ )

$$P_0 = \frac{p^{n+1}}{\sum_{n=0}^n \frac{p^k}{k!}} + \frac{1}{n!(n-p)},$$

где  $k, n$  – число занятых каналов обслуживания и их общее количество (при  $p/n < 1$ ).

2. Вероятность занятости каналов

$$P_k = \frac{p^k p^0}{k!}, \quad 1 \leq k \leq n.$$

3. Вероятность занятости всех каналов

$$P_n = p^0 \frac{p^0}{n!}.$$

4. Вероятность попадания заказчика в очередь

$$P_{\text{оч}} = \frac{p^{n+1}}{n!(n-p)} P_0.$$

5. Среднее число заявок в очереди

$$m_{\text{оч}} = \frac{p^{n+1}}{(n-1)!(n-p)^2} P_0.$$

6. Среднее время ожидания заявки в очереди

$$t_{\text{оч}} = \frac{m_{\text{оч}}}{\lambda}.$$

7. Среднее время пребывания заказчика в СМО

$$t_{\text{СМО}} = t_{\text{оч}} + t_{\text{обсл}}.$$

8. Среднее число исполнителей, занятых обслуживанием заказчиков  $n_1 = P$ .

9. Среднее число свободных исполнителей  $n_{\text{св}} = n - n_1$ .

10. Коэффициент занятости исполнителей  $K_1 = \frac{n_1}{n}$ .

11. Среднее число заявок  $m_1 = m_{\text{оч}} - n_1$ .

В этой ситуации важнейшим параметром решения является время ожидания в очереди.

**Пример 2.** Используем исходные данные, приведенные в примере.

На складе работают три грузчика. Среднее время стоянки машин, приезжающих на склад за удобрениями, составляет 40 мин. Если автомашина подъезжает к складу, когда все грузчики заняты, то она становится в очередь. Определить параметры СМО в случае с ожиданием заказчика.

**Исходные данные:**

$\lambda$  – интенсивность заявок,  $\lambda = 4$ ;

$K$  – число исполнителей ( $K = 3$ );

$t_{\text{обсл}} = 40$  мин, или  $40 / 60 = 0,66$  ч;

$\mu = \frac{1}{t_{\text{обсл}}} = \frac{1}{0,66} = 1,52$  – количество заказов, выполненных в течение часа;

$P$  – среднее число занятых обслуживанием каналов

$$P = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4}{1,52} = 2,6.$$

**Решение.**

1. Вероятность простоя грузчиков в течение рабочего дня

$$P_0 = \frac{1}{\frac{2,6^0}{0!} + \frac{2,6^1}{1!} + \frac{2,6^2}{2!} + \frac{2,6^3}{3!} + \frac{2,6^4}{3!(3,00 - 2,6)}} = 0,034.$$

2. Вероятность занятости всех грузчиков

$$P_k = \frac{2,6^3}{3!} 0,034 = \frac{17,58}{1 \cdot 2 \cdot 3} 0,034 = 0,100.$$

3. Вероятность занятости всех каналов

$$P_n = P^n \frac{P_0}{n!} = 2,6^3 \frac{0,034}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 0,098.$$

4. Вероятность попадания заказчика в очередь

$$P_{\text{оч}} = \frac{p^{n+1}}{n!(n-p)} P_0 = \frac{2,6^4}{1 \cdot 2 \cdot 3(3-2,6)} 0,034 = 0,647.$$

5. Среднее число заявок в очереди

$$m_{\text{оч}} = \frac{p^{n+1}}{(n-1)!(n-p)^2} P_0 = \frac{2,6^4}{(3-1)!(3-2,6)^2} 0,034 = 0,034 \frac{45,6976}{1 \cdot 2(0,4)^2} = 4,86.$$

6. Среднее время ожидания в очереди

$$t_{\text{оч}} = \frac{m_{\text{оч}}}{\lambda} = \frac{4,86}{4} = 1,21.$$

7. Среднее время пребывания заказчика в СМО

$$t_{\text{СМО}} = t_{\text{оч}} + t_{\text{обсл}} = 1,21 + 0,66 = 1,87.$$

8. Среднее число исполнителей, занятых обслуживанием заказчиков,

$$m_1 = p = 2,6.$$

9. Среднее число свободных каналов

$$n_{\text{св}} = 3 - 2,6 = 0,4.$$

10. Коэффициент занятости исполнителей

$$K_1 = \frac{2,6}{3} = 0,87.$$

11. Среднее число заявок

$$m_1 = m_{\text{оч}} + n_1 = 4,86 + 2,6 = 7,46.$$

Таким образом, вероятность простоя грузчиков составляет 3,4 %, вероятность попадания заказчика в очередь – 64,7 %, среднее число заявок (автомашин в очереди) – 4,86, среднее время ожидания погрузки – 1,21 ч.

Следует отметить, что иногда СМО с ожиданиями дополняется тем, что продолжительность выполнения заказа ограничена. В таком случае речь идет о СМО с ожиданиями и ограниченной длиной очереди.

**Методика расчета параметров СМО с ожиданием и ограниченной длиной очереди.**

Формулы для расчета данных параметров следующие:

1. Вероятность простоя каналов обслуживания при отсутствии заявок ( $K = 0$ )

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{p^k}{k!} + \frac{p^{n+1}}{n!(n-p)} [1 - (\frac{p}{n})^m]},$$

где  $m$  – возможности исполнителей, вместимость складского помещения, автомашин.

2. Вероятность отказа в выполнении заказа

$$P_{\text{отк}} = \frac{p^{n+m}}{n!n^m} P_0.$$

3. Вероятность выполнения заказа

$$P_{\text{обсл}} = 1 - P_{\text{отк}}.$$

4. Абсолютная пропускная способность

$$\mu = P_{\text{обсл}} \cdot \lambda.$$

5. Среднее число занятых исполнителей

$$n_1 = \frac{N}{\mu}.$$

6. Среднее число заявок в очереди

$$m_{\text{оч}} = \frac{p^{n+1}}{nn!} \frac{1 - (p/n)^m (m+1 - m - mp/n)}{(1 - p/n)^2}.$$

7. Среднее время ожидания выполнения заказа

$$t_j = \frac{m_{\text{оч}}}{\lambda}.$$

8. Среднее число заявок

$$y = m_n + n_1.$$

9. Среднее время пребывания в системе

$$t_{\text{пр}} = \frac{y}{\lambda}.$$

Рассмотрим пример СМО с ожиданием и ограниченной длиной очереди.

Следует отметить, что в задаче по обеспечению загрузки автомашин удобрениями (пример 2) рассматривалась ситуация, при которой «Сельхозхимия» располагала неограниченным запасом удобрений. Решение сводилось к удовлетворению заказов, которые обеспечивали выполнение производственных программ потребителей.

Вместе с тем рыночная система хозяйствования предполагает экономное использование ресурсов на всех этапах технологической цепочки.

Согласно приведенному решению (пример 2) сельскохозяйственные организации, обслуживаемые «Сельхозхимией», в среднем вывозят со склада в день 5 автомашин, загруженных удобрениями. Очевид-

но, что такое же количество удобрений должно поступать и на данный склад «Сельхозхимии».

**Пример 3.** «Сельхозхимия» завозит от поставщиков на свой склад удобрения в разное время дня с интенсивностью  $\lambda = 5$  автомашин. Складское помещение и его оборудование позволяют обрабатывать удобрения, привезенные двумя машинами ( $m = 2$ ). На складе «Сельхозхимии» работают 3 фасовщика ( $n = 3$ ), каждый из которых в среднем может подготовить для отправки в хозяйство удобрения с одной машины в течение  $t_{\text{обсл}} = 3,3$  ч. Продолжительность рабочего дня составляет 10 ч ( $t_0 = 10$ ).

Определить необходимую емкость складского помещения «Сельхозхимии», чтобы вероятность полной подготовки удобрений для отправки в хозяйство  $P_{\text{обсл}} \geq 0,98$ .

**Исходные данные:**

$\lambda$  – интенсивность заявок ( $\lambda = 5$ );

вместимость складского помещения равна вместимости двух машин (при их средней грузоподъемности), т. е.  $m = 2$ ;

$t_{\text{обсл}} = 3,3$  ч;

$\mu = \frac{t_0}{t_{\text{обсл}}}$  = число машин, которое можно подготовить к отправке

в хозяйство в течение рабочего дня,  $\frac{10}{3,3} = 3$  машины в день;

$$P = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{5}{3} = 1,66;$$

$$k = n = 3.$$

**Решение.**

1. Вероятность простоя фасовщиков при возможном отсутствии автомашин с удобрениями

$$P_0 = \frac{1}{\frac{1,66^0}{0!} + \frac{1,66^1}{1!} + \frac{1,66^2}{2!} + \frac{1,66^3}{3!} + \frac{1,66^{3+1}}{3!(3-1,66)}} \left[ 1 - \left( \frac{1,66}{3} \right)^2 \right] =$$

$$= \frac{1}{1 + 1,66 + 1,38 + 0,76 + \frac{7,59(1-0,55)^2}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 1,34}} (1 - 0,55)^2 = 0,122.$$

2. Вероятность отказа фасовщиков в обслуживании

$$P_{\text{отк}} = \frac{p^{n+m}}{n!n^m} P_0 = 0,122 \frac{1,66^{3+2}}{3! \cdot 3^2} = 0,028.$$

3. Вероятность выполнения заказа

$$P_{\text{обсл}} = 1 - P_{\text{отк}} = 1 - 0,028 = 0,972.$$

Таким образом, при емкости складского помещения, равной вместимости двух автомашин ( $m = 2$ ),

$$P_{\text{обсл}} = 0,972 \leq P_{\text{обсл}}(0,98).$$

Допустим, что  $m = 3$ , тогда  $P_0 = \frac{0,83}{5,744} = 0,144$ ;

$$P_{\text{отк}} = 0,144 \frac{1,66^{3+3}}{3! \cdot 3^3} = 0,018;$$

$$P_{\text{обсл}} = 0,982.$$

При числе фасовщиков  $n = 3$  ( $m = 3$ ) достигается заданная вероятность ( $0,982 \geq 0,980$ ) подготовки удобрений для отправки в хозяйство.

Прочие параметры СМО (при  $m = 3$ ;  $P_0 = 0,144$ ;  $P_{\text{отк}} = 0,018$ ;  $P_{\text{обсл}} = 0,982$ ) рассчитываются следующим образом.

4. Абсолютная пропускная способность

$$\mu = P_{\text{обсл}} \lambda = 0,982 \cdot 5 = 4,91.$$

5. Среднее число занятых фасовщиков

$$n_1 = \frac{N}{\mu} = \frac{4,91}{3} = 1,64.$$

6. Среднее число автомашин в очереди на расфасовку удобрений

$$m_{\text{оч}} = \frac{p^{n+1}}{nn!} \frac{1 - (p/n)^m (m+1 - \frac{mp}{n})}{(1 - \frac{p}{n})^2} P_0 = 0,590.$$

7. Среднее время ожидания автомашин на обслуживание

$$t_{\text{обсл}} = \frac{m_{\text{оч}}}{\lambda} = \frac{0,59}{5} = 0,12 \text{ дня, или } 1,2 \text{ ч.}$$

8. Среднее число заявок или автомашин

$$y = m_{\text{оч}} + n_1 = 0,59 + 1,64 = 2,23.$$

9. Среднее время пребывания автомашин в системе

$$t_{\text{пр}} = \frac{y}{\lambda} = \frac{2,23}{5} = 0,45 \text{ дня, или } 4,5 \text{ ч.}$$



Таким образом, емкость хранилища должна вмещать удобрения с тремя автомашинами средней вместимости. При этом вероятность обработки удобрений составит 0,98.

## **Лекция 5. БАЛАНСОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ**

Балансовый метод представляет собой систему методических приемов, показателей, с помощью которых проводится анализ состояния сбалансированности взаимосвязанных частей, поддерживается эта сбалансированность в условиях развития каждой части, каждой составляющей. Основой метода является баланс двух частей, по содержанию однородных, по движению и образованию противоположных. Каждая часть описывает свой поток количественно и по направлению.

По экономическому содержанию баланс характеризует движение и использование ресурсов, продукции, финансов в частях поступления и расхода. В нем отражаются различные соотношения, в том числе: а) приход равен расходу; б) поступление равно потребностям; в) наличие равно сумме расходов по разным направлениям; г) наличие на конец года равно наличию на начало года плюс поступление минус расход в году.

В практике известно содержание таких балансов, как земельный, предусматривающий трансформацию сельхозземель, баланс трудовых ресурсов, баланс питательных веществ в почве. Оборот стада животных характеризует движение половозрастных групп из одной группы в другую с учетом пополнения и выбытия животных. Кормовой баланс согласовывает программу развития кормопроизводства и животноводческих отраслей с учетом обеспечения полноценного рациона кормления животных.

Балансы разрабатываются по фактическим и нормативным данным в стоимостном, натуральном и условно-натуральном выражении. Нормативные балансы имеют наиболее частое применение в бизнес-планах, проектах, ориентируя производство на поддержание оптимальных пропорций и высокую эффективность.

Еще одно важное, контролирующее предназначение баланса и балансового метода состоит в том, что он используется в качестве методического инструмента проверки правильности отражения в нем движения и использования материальных и финансовых ресурсов.

Основная формула баланса утверждает количественное равенство частей, т. е.  $A_1 + A_2 + \dots + A_n = B_1 + B_2 + \dots + B_n$ , где  $A_1, A_2, \dots, A_n$  – составляющие левой части баланса, имеющие самое разное содержание;

$n$  – число составляющих левой части;  $B_1, B_2, \dots, B_n$  – составляющие правой части, по содержанию взаимосвязанные с левой;  $m$  – число составляющих правой части.

**Пример 1.** Финансовые потоки в предприятии формируются в двух частях – по поступлению и расходам: по поступлению – денежная выручка от реализации продукции ( $A_1$ ), внереализационные доходы ( $A_2$ ), кредиты ( $A_3$ ); по расходам – приобретение оборотных средств ( $B_1$ ), оплата труда ( $B_2$ ), погашение кредита ( $B_3$ ). По предприятию доходная и расходная части соответственно равны ( $A_1 = 3700$  млн. руб.;  $A_2 = 402$  млн. руб.;  $A_3 = 300$  млн. руб.;  $B_1 = 2800$  млн. руб.;  $B_2 = 1416$  млн. руб.;  $B_3 = 186$  млн. руб.):

$$3700 + 402 + 300 = 2800 + 1302 + 300.$$

Поступление денежных средств составило 4402 млн. руб. ( $\sum A = 4402$ ), суммарно расходная часть также равна 4402 млн. руб.

( $\sum B = 4402$ ). Финансовых проблем у предприятия нет.

Баланс нарушается при неравенстве левой и правой частей. В производственных и финансовых сферах разница левой и правой частей ( $\sum A \neq \sum B$ ) имеет конкретное содержание и во многих случаях характеризует вполне объяснимое последствие:

$$A_1 + A_2 + A_3 > B_1 + B_2 + B_3; A_1 + A_2 + A_3 < B_1 + B_2 + B_3.$$

В конечном итоге неравенство левой и правой частей преобразуется в равенство путем введения дополнительной составляющей, предпочтительнее со знаком основных составляющих. В нашем случае

$$A_1 + A_2 + A_3 = B_1 + B_2 + B_3 + \bar{b}; A_1 + A_2 + A_3 + \bar{a} = B_1 + B_2 + B_3,$$

где  $\bar{b}$  – балансирующая величина по расходу (применительно к проблеме с финансами создания резерва денежных средств, которые предприятие может положить на депозитный счет);  $\bar{a}$  – балансирующая величина по доходной части (по содержанию кредиторская задолженность).

Функционирование предприятий в условиях рынка требует эффективного использования ресурсов (электроэнергии, металла, кормов и т. д.) во всей технологической цепочке от производства продукции до потребителя. Участие в создании потребительских товаров нескольких отраслей предполагает, что конечный продукт одной отрасли становится сырьем для другой и т. д. Так, корма, которые являются конечным продуктом отрасли растениеводства, становятся сырьем для животноводства, молоко и мясо (конечный продукт животноводства)

в свою очередь становятся сырьем для соответствующих предприятий перерабатывающей промышленности. Использование ресурсов в хозяйствах может иметь и более сложные формы. Например, для получения 1 ц молока в сельскохозяйственной организации требуется 4 чел.-ч. Это непосредственные, или прямые, затраты. Однако для производства молока ранее уже были произведены корма, потребовавшие определенных затрат труда. Эти затраты будут косвенными. Они включают труд следующего уровня производства и считаются по отношению к непосредственным затратам труда на молоко косвенными затратами первого порядка. Затраты труда на производство семян, использованных на производство кормов, составят косвенные затраты второго порядка и т. д.

Поскольку ресурсы всегда ограничены и используются на различных стадиях производства конечных продуктов, возникает необходимость учета затрат ресурсов на всех предшествующих стадиях, ориентированных на производство конечного продукта. В этом случае мы получим полные затраты ресурсов, приходящиеся на единицу продукции.

Математические коэффициенты полных затрат можно рассчитать по следующей формуле:

$$C_{ij} = a_{ij} + a_{ij}^{(1)} + a_{ij}^{(2)} + \dots + a_{ij}^{(n)},$$

где  $C_{ij}$  – коэффициенты полных затрат продукции вида  $i$  на единицу отрасли  $j$ ;

$a_{ij}$  – прямые затраты продукции вида  $i$  на единицу отрасли  $j$ ;

$a_{ij}^{(1)}$  – косвенные затраты первого порядка и т. д.

Информация о содержании и особенностях межотраслевых связей позволяет определить полные затраты ресурсов на производство конечного продукта, выяснить особенности использования и распределения сырья, а также других ресурсов на отдельных этапах технологического процесса.

Метод межотраслевого баланса включает систему отраслевых балансов производства и распределения продукции. Содержание этих балансов зависит от территориального объекта, на уровне которого баланс составляется. Так, при составлении баланса отдельного вида продукции (например, зерна) на уровне хозяйства основная масса продукции (за вычетом семян, фуража и стабилизационного фонда) будет являться конечным продуктом хозяйства.



$$a_{ij}^{(1)} = \sum_{j \in J_0} a_{ij} a_{ji}, \quad i \in I_0,$$

где  $i$  – номер вида продукта;

$I_0$  – множество видов продуктов;

$j$  – номер отрасли;

$J_0$  – множество отраслей;

$a_{ij}$  – прямые затраты ресурса  $i$  на единицу отрасли  $j$ ;

$a_{ij}^{(1)}$  – косвенные затраты первого уровня.

Чтобы определить косвенные затраты первого уровня, необходимо умножить матрицу коэффициентов прямых затрат на вектор-столбец  $A_i$ .

$$\begin{pmatrix} 0,3 & 0,1 & 0,25 \\ 0,35 & 0,25 & 0,35 \\ 0,2 & 0,1 & 0,12 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,3 \\ 0,35 \\ 0,2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,09 + 0,035 + 0,05 \\ 0,105 + 0,07 + 0,07 \\ 0,06 + 0,035 + 0,024 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,175 \\ 0,245 \\ 0,119 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, косвенные затраты первого уровня или порядка по отрасли  $A$  составят: продукта  $A$  – 0,175; продукта  $B$  – 0,245; продукта  $C$  – 0,119.

Следовательно, полные затраты по отрасли  $A$  составят в разрезе по потребляемым продуктам:

$$A = 0,3 + 0,175 = 0,475;$$

$$B = 0,35 + 0,245 = 0,595;$$

$$C = 0,2 + 0,119 = 0,319.$$

Аналогичные расчеты осуществляются по отраслям  $B$  и  $C$ .

Показатели полных затрат позволяют составить систему уравнений, обеспечивающих увязку валовой и конечной продукции.

В матричном виде эта система имеет вид

$$X = BY,$$

где  $X$  – вектор валовой продукции;

$B$  – матрица полных затрат;

$Y$  – вектор конечной продукции.

Коэффициенты полных затрат имеют значение при составлении балансовых и оптимизационных моделей. Так, при оптимизации программы развития сельскохозяйственной организации коэффициенты полных затрат труда и материально-денежных средств по отраслям животноводства, а также соответствующие ограничения задачи позволяют более полно учесть конкретные условия деятельности подразделений сельскохозяйственного предприятия.

Составление модели межотраслевого баланса начинают с определения перечня отраслей. Поскольку учесть все отрасли очень сложно, то возникает необходимость агрегирования информации. Оно может производиться двумя способами:

1) по технологическому способу или сходству структуры материально-денежных затрат;

2) по экономическому назначению продукции.

При обосновании значений прямых затрат, в том числе используемых для расчета косвенных затрат, применяют различные методы (в их числе – экстраполяции, корреляционные и другие модели).

## **Лекция 6. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ**

Особенностью экспериментального метода в экономических исследованиях является получение теоретических и практических знаний, информации путем проверки рекомендаций и отработки организационно-экономических, технологических, социальных и экономических вопросов непосредственно в производственных условиях. Конечный итог эксперимента заключается в обосновании механизма совершенствования организации производства и оценке социально-экономической эффективности нововведений, которые могут служить основанием для распространения полученного опыта на другие субъекты хозяйствования.

В недалеком прошлом проводились эксперименты в сельскохозяйственных организациях по совершенствованию системы управления, внедрению коллективного и арендного подряда, в зоне освоения целинных земель по передаче машинно-тракторного парка из хозяйств районным управлениям по типу машинно-тракторных станций. Редко результаты экспериментов отвергали саму идею. Чаще всего подтверждали правильность мероприятий. Однако у этих экспериментов было много условностей, которые снижали объективность выводов. В положительно завершенных экспериментах на практике при массовом освоении неожиданно обнаруживались недоработки, ошибки, которые после некоторого времени обесценивали накопленный опыт.

Самым слабым местом в экспериментах на экономические темы была их непродолжительность по времени, что не позволяло в общих результатах выделить влияние намечаемых к массовому освоению мероприятий, сложно было выдержать важное методологическое положение «при равных прочих условиях». Как правило, для проведения

экспериментов производству выделялись значительные финансовые и материальные средства. Для предприятий создавались льготные условия, что, конечно, исключалось при массовом освоении. В оценках также были «натяжки» в пользу эксперимента.

Экономические эксперименты направлены на поиск новых форм организации производства, материального стимулирования, вариантов решения производственных и социальных задач, которые обеспечивают устойчивое повышение эффективности производства, экономию ресурсов, энергосбережение, повышение конкурентоспособности производимой сельскохозяйственной продукции и продукции переработки.

Экономические эксперименты в зависимости от поставленной цели и задач могут быть трех видов.

1. Натуральный эксперимент организационно-мотивационного характера проводится на реальных производственных объектах с включением в него данного производственного коллектива, сопровождается конкретной реорганизацией в производстве, изменениями условий хозяйствования в соответствии с разработанными рекомендациями по эксперименту. Поскольку реорганизация и изменения условий могут существенно отражаться на результатах хозяйственной деятельности, уровне оплаты труда работников, то проработка рекомендаций должна быть основательной и ответственной, предусматривающей высокую вероятность подтверждения.

2. Натуральный эксперимент для разработки экономических нормативов проводится при освоении новых технологий производства продукции, систем машин с целью уточнения действующих норм, их дифференциации в разных почвенно-климатических и экономических условиях. Полученные таким образом нормативы служат производству объективным ориентиром в решении вопросов экономии энергозатрат и материальных ресурсов.

3. Компьютерный экономический эксперимент, связан с моделированием экономического процесса и использованием компьютерных технологий. Он требует меньших затрат труда и средств, отличается большими возможностями в проработке различных вариантов организации производства, особенно по вопросам комплексного содержания. Для реализации таких возможностей необходимо выполнение одного важного условия: модель чаще всего в абстрактно-логической форме должна соответствовать по поведению реальному производственному объекту.

В теоретическом плане экспериментальный метод экономических исследований первого вида должен применяться по темам, связанным

с совершенствованием организации производства, реформированием производственной, социальной структур, разработкой рыночных механизмов хозяйствования в АПК. Но на практике оказывается весьма трудно выполнить требования по чистоте эксперимента, что имеет важное значение для получения достоверных выводов и предложений, позволяющих распространять опыт на другие предприятия и регионы.

Чистота эксперимента связана с соблюдением важного методологического положения (при равных прочих условиях), в котором утверждается, что эксперимент рассчитывается на несколько лет проведения и при оценке эффекта в сравнительном анализе только факторы мероприятия подлежат совершенствованию при неизменных характеристиках других условий. Реальное производство не в состоянии при проведении эксперимента выдержать все требования. Поэтому часто эксперименты такого рода скоротечны, рассчитаны на один-два года. При формулировании выводов и предложений экспериментальный метод дополняется другими методами оценки, в том числе абстрактно-логическим, социологическим, сравнительного анализа с элиминированием тех условий, которые изменились по объяснимым причинам, а в эксперименте должны быть на уровне до эксперимента. Реальное освоение научных рекомендаций, внедренческих работ также имеет определенное отношение к экспериментальному методу.

Натуральные эксперименты для разработки экономических нормативов предусматривают проведение хронометража времени, замера выполненных работ, расхода ресурсов в разных реальных вариантах применения техники, выполнения работ на разных землях по контурности, механическому составу почвы, закаменности, увлажнению. В результате эксперимента получают нормативы затрат рабочего времени, расхода ресурсов на 1 га посева сельскохозяйственных культур, 1 гол. животных, а на базе этих данных – затраты труда на 1 га севооборотной площади, производственные затраты на 1 га посева культур, 1 гол. животных каждой половозрастной группы, удельные расходы ресурсов на единицу отрасли в разных вариантах, удельные капитальные вложения в производственном строительстве, нагрузки пахотных земель на условный эталонный трактор, комбайн и т. д. Нормативы применяются в разработке бизнес-плана, для начисления заработной платы и контроля за использованием материальных ресурсов.

Компьютерный эксперимент отличается выполнимостью методологического требования при равных прочих условиях. Надо только на изучаемый экономический процесс разработать математическую и числовую модель в полном объеме и со всеми внутренними и внеш-



ними связями, чтобы числовые параметры модели соответствовали числовым характеристикам реального экономического процесса. Само экспериментирование сводится к расчету и анализу показателей различных вариантов введенной в модель производственной ситуации. По схеме «что будет, если изменяются конкретные условия через изменение в модели соответствующих параметров» на каждую ситуацию рассчитываются показатели такого варианта. Например, на конкретное сельскохозяйственное предприятие разрабатывается проект развития производства на ближайшие два-три года. Разработана и апробирована оптимизационная экономико-математическая модель функционирования производства, представляющая собой систему 300 переменных и 260 ограничений с целевой функцией получения в заданных условиях максимума прибыли. Условия задаются через параметры наличия ресурсов, затрат их на единицу измерения каждой отрасли растениеводства, животноводства и переработки, цены на продукцию и ресурсы. Многочисленные варианты проекта можно получить при изменении объемов инвестиций в основной и оборотный капитал, или урожайности культур и продуктивности животных, или цен на продукцию и ресурсы, или при изменении заказа на реализацию сельскохозяйственной продукции. Каждый полученный после решения задачи вариант проекта в одинаковой степени будет оптимальным.

Применение компьютерного эксперимента в экономических исследованиях свидетельствует о совершенствовании методологии анализа и прогноза, внедрении информационных технологий в сферу управления производством.

На каждом этапе становления рыночных отношений аграрное производство нуждается в обоснованных рекомендациях по совершенствованию и адаптации сельскохозяйственных предприятий к рыночным условиям при наличии существенного разрыва в ценах на сельскохозяйственную продукцию и материальные ресурсы промышленного происхождения. Проблемы повышения конкурентоспособности производимой продукции по качеству и цене в условиях многоукладной экономики выводят на решение вопросов оптимальной концентрации производства, обеспечивающей рациональную внутривладельческую специализацию, межхозяйственную кооперацию и интеграцию производства. Экономическая устойчивость производства в немалой степени зависит от модернизации материально-технической базы предприятий, усиления стимулирующей роли оплаты труда в растениеводстве и животноводстве. Эффективность создания агрофинансовых объединений также может быть оценена лишь при проведении натурального эксперимента первого вида.

## Лекция 7. СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Социологический метод исследования представляет собой совокупность приемов по сбору, обработке и анализу информации о роли, отношении каждого работника коллектива к результатам работы (своей и коллектива), решению социальных вопросов, перспективам развития производства. Такую информацию нельзя найти в отчетно-статистических материалах не только потому, что она отсутствует в формах отчетности, но и в связи с практической невозможностью строгого однозначного количественного измерения экономических явлений социального характера.

Например, к вопросам и темам применения социологического метода можно отнести изучение:

- структуры доходов и расходов семейного бюджета сельского населения;

- психологического климата в трудовых коллективах в условиях реформирования сельскохозяйственного производства;

- мнения работников о развитии производственного потенциала сельхозпредприятий и организаций и резервах повышения эффективности производства;

- мнения работников о моральном и материальном стимулировании повышения эффективности производства;

- мнения работников о компетенции руководителей и специалистов сельхозпредприятий.

В полном объеме изучением общественного мнения занимаются институты социологических исследований. Для получения репрезентативных (представительных) выводов по изучаемым актуальным проблемам жизни страны применяется широкий круг методических приемов по формулированию вопросов, составу респондентов, обработке массива данных.

В исследованиях аграрной экономики социологический метод наиболее часто применяется для изучения социальных явлений, которые в значительной степени влияют на эффективность производства, объективно сопровождают многие организационно-экономические, технико-технологические процессы. Выводы по социальным явлениям могут подтверждать реальность и обоснованность научных рекомендаций по экономической теме исследования.

В аграрной экономике наиболее часто применяются такие приемы, как анкетирование, социологический опрос, социологический эксперимент.

**Анкетирование** – это прием сбора сведений (данных), в соответствии с которым разрабатывается анкета с набором вопросов, имеющих непосредственное отношение к теме исследования. Анкета размножается по числу возможных респондентов (отвечающих на вопросы анкеты). Получив анкеты, респонденты высказывают свое мнение в свободной форме или в пределах тех подсказок, которые приводятся в анкете по поставленным вопросам.

При разработке вопросов анкеты необходимо содержанием вопросов и логической последовательностью размещения их в анкете создать доверительное отношение между респондентом и исследователем, позволяющее получить достоверные ответы на вопросы. Для этого следует придерживаться следующих рекомендаций:

а) в анкете указываются цель анкетирования и связь с темой исследования, мотивы, заставившие исследователя обратиться к респондентам по поставленным вопросам;

б) при размещении вопросов следует придерживаться принципа: от простых к более сложным. Не исключаются случаи, когда для получения ответа необходимо поставить два или более вопросов, рассматривающих явления с разных сторон;

в) в анкетах могут ставиться открытые и закрытые вопросы. Открытые вопросы позволяют респонденту ответить на вопрос так, как ему удобно, закрытые – предлагают выбор ответа из нескольких готовых альтернативных подсказок.

**Социологический опрос** проводится для выявления способностей человека к выполнению определенной управленческой деятельности или количественного измерения взаимоотношений людей в целях управления их деятельностью.

Преимущество опроса состоит в том, что он позволяет за один прием получить большое количество информации от отдельного человека. Часто опрос используется для сбора информации о мнениях людей, об их осведомленности к восприятию потребителями продукта, его характеристик, цены и т. д. Он позволяет получить от респондента и общую оценку его отношения к объекту исследования. При этом оценка поведения часто предполагает ответы на вопросы: «что?», «где?», «когда?», «как часто?».

Выбор метода опроса – почтового, телефонного или личного – зависит от ряда факторов, к которым относятся тип выборки, требуемый процент ответов, бюджет исследования и доступная материальная база. Личный опрос можно классифицировать по признаку респондентов и используемым средствам. Чаще всего применяют следующие типы

опросов: на дому у респондента, должностных лиц на рабочем месте, в торговом центре, во время совершения покупки, регулярный опрос (еженедельный, ежемесячный, ежеквартальный). С развитием коммуникационных технологий опрос можно проводить с помощью факса, электронной почты, Интернета (Web-опросы).

**Социологический эксперимент** есть постановка специальных опытов, направленных на проверку гипотез относительно причинных связей между изучаемым явлением и социальным поведением людей. Например, изменяют режим работы на рабочем месте и изучают изменения производительности труда работников, взаимоотношения в семье, изменения духовных запросов работников и т. д.

Важным этапом социологического метода исследования является обработка полученного массива данных.

После сбора информации для повышения пригодности ее и анализа часто используется присвоение рангов, т. е. процедура, при которой каждому ответу в базе данных приписывается число в соответствии с заранее определенным правилом.

Чаще всего выполняют процентную разбивку по категориям, что позволяет получить более простую и надежную интерпретацию данных в отличие от анализа абсолютных показателей. Полученную информацию целесообразно представить и в виде гистограммы – набора прямоугольников, ширина каждого из которых пропорциональна диапазону значений соответствующего класса, а высота – числу элементов, попадающих в данный класс. Кроме гистограмм можно строить столбчатые, секторные диаграммы, линейные графики (тренды).

Для расчета характеристик распределения частот используют: 1) средние значения, моду и медиану; 2) показатели вариации – размах, стандартное отклонение, коэффициент вариации; 3) показатели формы – асимметрию и эксцесс.

Как уже отмечалось, социологическая информация может быть упорядочена по рангам (весам), поэтому для определения наличия корреляции между ними можно использовать коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $K_c$ ):

$$p = 1 - \left( \frac{6 \sum_{i=1}^n (r_x - r_y)^2}{n(n^2 - 1)} \right),$$

где  $r_x - r_y$  – разность рангов;

$n$  – число показателей (критериев).

Коэффициент корреляции рангов Спирмена равен +1, если все ранги совпадают, и равен -1, если ранговые ряды имеют обратное направление. Например, оценим с помощью коэффициента Спирмена взаимосвязь удовлетворенности работника работой  $x$  и текучесть кадров  $y$  (табл. 7.1).

Т а б л и ц а 7.1. Расчет коэффициента Спирмена

Возрастные группы	Удовлетворенность работой $x$ , %	Текучесть кадров $y$ , %	Ранг по $x$	Ранг по $y$	$r_x - r_y$	$(r_x - r_y)^2$
До 20 лет	35	10	4	3	1	1
20–30	40	15	3	2	1	1
30–40	25	30	5	1	4	16
40–50	60	5	2	4	-2	4
Свыше 60	80	3	1	5	-4	16
Сумма						38

$$K_c = 1 - \left( \frac{6 \cdot 38}{5(5^2 - 1)} \right) = 1 - \frac{228}{120} = -0,9.$$

Величина коэффициента ранговой корреляции свидетельствует о наличии тесной обратной взаимосвязи между удовлетворенностью работника работой и текучестью кадров.

Для оценки согласованности мнений группы из  $m$  экспертов по  $n$  показателям применяется коэффициент конкордации Кендалла  $W$  (общий коэффициент ранговой корреляции для группы, состоящей из  $m$  экспертов).

В случае отсутствия равных рангов в оценках любого из экспертов коэффициент конкордации определяется по формуле

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right)^2}{m^2(n^3 - n)},$$

где  $m$  – число экспертов;

$n$  – число критериев;

$x_{ij}$  – оценка  $i$ -м экспертом  $j$ -го критерия.

В случае если какой-либо эксперт не может установить ранговое различие между несколькими показателями и присваивает им одинаковые ранги, коэффициент конкордации определяется по формуле

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right)^2}{\left( m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i \right)},$$

где  $T_i = 1/12 \sum_{i=1}^h (t_i^3 - t_i)$ ,

здесь  $t_i$  – число равных рангов в оценках  $i$ -го эксперта;

$h$  – число групп равных рангов в оценках  $i$ -го эксперта.

Коэффициент конкордации принимает значения в интервале от 0 до 1. При отсутствии согласованности мнений экспертов  $W = 0$ , при полной согласованности  $W = 1$ . Практически согласованность считается удовлетворительной, если  $W > 0,5$ , и хорошей, если  $W > 0,7$ .

Например, необходимо выбрать лучший вариант повышения эффективности производства продукции. Имеются пять альтернативных вариантов:  $A_1$  – продавать отходы;  $A_2$  – изменить технологический процесс;  $A_3$  – создать подсобное производство;  $A_4$  – перейти на выпуск новых изделий;  $A_5$  – отказаться от производства данного вида продукции.

Каждый из экспертов оценивает альтернативы по 5-балльной шкале. Чем более предпочтительной является альтернатива, тем более высокий балл для нее указывается. Оценки экспертов и приведены в табл. 7.2.

Т а б л и ц а 7.2. **Оценки экспертов**

Эксперты	Альтернативы				
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$
1	5	2	4	1	3
2	5	4	1	2	3
1	4	3	5	2	1
4	4	5	3	2	1

Расчет суммы рангов в оценках экспертов представлен в табл. 7.3.

Т а б л и ц а 7.3. Расчет суммы рангов в оценках экспертов

Эксперты	Альтернативы				
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$
1	5	3	4	1	2
2	5	4	3	2	1
1	4	5	3	2	1
4	4	5	3	2	1
Сумма рангов	18	17	13	7	5

Рассчитаем для  $m = 4$  и  $n = 5$  значение выражения

$$\frac{1}{2} m (n+1) = 12.$$

Рассчитаем значение коэффициента конкордации

$$W = \frac{12 ((18-12)^2 + (17-12)^2 + (13-12)^2 + (7-12)^2 (5-12)^2)}{4^2 (5^3 - 5)} = 0,85.$$

Коэффициент конкордации  $W = 0,85$  показывает, что оценки экспертов не случайны и согласованность оценок экспертов хорошая.

Для проверки значимости коэффициента конкордации вычислим статистику  $\chi$ -квадрат с числом степеней свободы  $n - 1$ :

$$\chi^2 = Wm(n-1) = 0,85 \cdot 4(5-1) = 13,6.$$

Сравним расчетное значение  $\chi^2$  с его табличным значением при уровне значимости  $d = 0,05$ :

$$\chi^2 = 13,6 > 9,49 = \chi^2_{\text{табл}}$$

это позволяет отвергнуть гипотезу  $W = 0$  и признать, что мнения экспертов согласованы.

Таким образом, для повышения эффективности производства продукции в данных экономических условиях целесообразно продавать отходы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. З а м к о в, О. О. Математические методы в экономике: учебник / О. О. Замков. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2001. – 368 с.
2. К о л е с н ё в, В. И. Экономико-математические методы и моделирование в земледелии / В. И. Колеснёв, И. В. Шафранская. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 256 с.
3. Л е н ь к о в, И. И. Экономико-математические методы в экономике АПК: пособие / И. И. Леньков. – Минск: БГАТУ, 2009. – 168 с.
4. И о з а й т и с, В. С. Экономико-математическое моделирование производственных систем: учеб. пособие / В. С. Иозайтис. – М.: Высш. шк., 1991. – 192 с.
5. О р е х о в, И. Н. Математические методы и модели в экономике: учеб. пособие / И. Н. Орехов. – М.: ЮНИТИ, 2004. – 304 с.
6. Ш а п к и н, А. С. Математические методы и модели исследования операций: учеб. пособие / А. С. Шапкин. – М.: Дашков и К<sup>о</sup>, 2003. – 400 с.
7. Экономико-математические методы и прикладные модели: учеб. пособие / под ред. В. В. Федосеева. – М.: ЮНИТИ, 2002. – 392 с.