

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Н. Ф. Корсун, А. С. Марков, М. М. Кондровская**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ  
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ.  
ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области сельского хозяйства  
в качестве учебно-методического пособия  
для студентов учреждений высшего образования,  
обучающихся по специальности 1-74 01 01  
Экономика и организация производства в отраслях  
агропромышленного комплекса*

Минск  
БГАТУ  
2019

УДК 631.15:33(07)  
ББК 65.32я7  
К69

Рецензенты:

кафедра математического моделирования экономических систем АПК  
УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия» (кандидат экономических наук,  
доцент, заведующий кафедрой *В. Н. Кулаков*);  
кандидат экономических наук, доцент,  
директор Высшей школы управления  
УО «Гродненский государственный  
аграрный университет» *В. А. Головков*

**Корсун, Н. Ф.**  
К69 Моделирование и оптимизация в агропромышленном комплексе.  
Практикум : учебно-методическое пособие / Н. Ф. Корсун,  
А. С. Марков, М. М. Кондровская. – Минск : БГАТУ, 2019. – 252 с.  
ISBN 978-985-519-977-0.

Изложены теоретические основы и практические приемы освоения методов экономико-математического моделирования для обоснования экономически эффективных плановых и прогнозных программ развития предприятий АПК, отвечающих интересам ресурсосбережения и повышения конкурентоспособности товаров и услуг в условиях перехода к рыночной системе хозяйствования.

Для студентов учреждений высшего образования по специальности 1-74 01 01 Экономика и организация производства в отраслях агропромышленного комплекса; преподавателей учреждений высшего образования, магистрантов, аспирантов, специалистов в сфере АПК.

УДК 631.15:33(07)  
ББК 65.32я7

ISBN 978-985-519-977-0

© БГАТУ, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Практическое занятие № 1. Построение структурной схемы экономической системы АПК.....	6
Практическое занятие № 2. Оптимизация управленческих решений на основе кластерного и дискриминантного анализа .....	11
Практическое занятие № 3. Практическое применение модифицированного метода анализа иерархий.....	15
Практическое занятие № 4. Оптимизация производственно-экономических параметров при решении проблемных ситуаций в экономике.....	23
Практическое занятие № 5. Методы обработки и анализа экспертной информации .....	28
Практическое занятие № 6. Методика обоснования ключевых показателей сельскохозяйственных организаций: договорных поставок и урожайности зерновых культур .....	35
Практическое занятие № 7. Составление основных групп ограничений экономико-математической модели по оптимизации прогнозной и плановой программы развития сельскохозяйственной организации .....	39
Практическое занятие № 8. Методика оценки окупаемости материально-денежных средств, направленных на увеличение ресурсного обеспечения сельскохозяйственной организации .....	54
Практическое занятие № 9. Методы количественной оценки качественных признаков при формировании критерия оптимальности .....	58
Лабораторная работа № 1. Экономико-математическое моделирование в экономике и организации производства в АПК.....	65
Лабораторная работа № 2. Проблемные ситуации в АПК. Выбор решения методом линейной комбинации частных критериев.....	69
Лабораторная работа № 3. Расчет изменений параметров экономической системы .....	74
Лабораторная работа № 4. Обоснование прогнозных экономических показателей на основе теории нечетких множеств .....	80
Лабораторная работа № 5. Ожидаемая ценность информации. Принятие решений с применением дерева решений .....	85
Лабораторная работа № 6. Выбор варианта экономических предпочтений на основе метода анализа иерархий.....	91

Лабораторная работа № 7. Выбор оптимальных альтернатив развития объекта хозяйствования на основе методов ELECTRE.....	97
Лабораторная работа № 8. Принятие эффективных решений на основе теории полезности.....	102
Лабораторная работа № 9. Применение экспертных оценок в анализе количественных изменений в экономике .....	107
Лабораторная работа № 10. Методика обоснования двойственных экономико-математических оценок .....	111
Лабораторная работа № 11. Методика формирования фондоснащенности отраслей сельского хозяйства .....	117
Лабораторная работа № 12. Методика формирования договорных поставок сельскохозяйственной организации .....	124
Лабораторная работа № 13. Обоснование прогнозных и плановых показателей отраслей, производств или подразделений .....	129
Лабораторная работа № 14. Реализация экономико-математической модели по обоснованию плановой и прогнозной программы развития сельскохозяйственной организации.....	137
Лабораторная работа № 15. Построение линейно-динамической экономико-математической модели на основе статической.....	149
Лабораторная работа № 16. Построение стохастической экономико-математической модели.....	152
Лабораторная работа № 17. Построение основных блоков экономико-математической модели оптимизации развития агропромышленного предприятия .....	160
Лабораторное занятие № 18. Построение экономико-математической модели оптимизации развития агрофирмы в целом и ее подразделений.....	168
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	189
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	191
Приложение 1. Матрица решения ЭМ-задачи .....	192
Приложение 2. Отчет предприятия за 2016 год .....	193
Приложение 3. Пример решения экономико-математической задачи оптимизации программы развития отраслей сельскохозяйственной организации .....	210
Приложение 4. Предельные нормы скармливания кормов.....	245
Приложение 5. Фрагменты матрицы решения экономико-математической задачи предприятия .....	246
Приложение 6. Фрагменты отчета о результатах решения экономико-математической задачи .....	248

## ВВЕДЕНИЕ

Цель дисциплины – формирование у студентов системы знаний, умений и профессиональных компетенций в области разработки и решения на основе экономико-математического моделирования задач обоснования экономически эффективных плановых и прогнозных программ развития объектов АПК.

Достижение данной цели обуславливает разработку и внедрение непосредственно в практику хозяйственной деятельности соответствующих методов, методик, приемов и средств экономико-математического моделирования. Это пособие позволит сформировать у будущих специалистов практические навыки, дающие возможность обосновывать плановые и прогнозные параметры развития объектов АПК, обеспечивать их сбалансированность, оптимальность и пропорциональность, выявлять и закреплять прогрессивные тенденции в экономике и социальной сфере, принимать эффективные управленческие решения.

В практикуме представлены задания к практическим занятиям и лабораторные работы по учебной дисциплине «Моделирование и оптимизация в агропромышленном комплексе». Указаны цели занятий, краткая теория по темам работ, методические указания к решению заданий. Рассмотрены задачи по следующим разделам учебной дисциплины: «Оптимизация факторов и параметров производства в АПК на основе моделирования» и «Обоснование перспективных параметров отраслей, производств и технологий объектов АПК».

Сельскохозяйственную направленность имеют подобранные к каждому из разделов задачи, в процессе решения которых студенты получают более глубокие знания и имеют возможность разобраться в вопросах практического применения методов оптимизации и моделирования. Тематика практических заданий связана с оценкой эффективности использования ресурсного потенциала АПК, количественной оценкой закономерностей развития объектов АПК, поиском оптимальных вариантов их развития и механизмом реализации эффективных управленческих решений.

Задания для лабораторных занятий составлены с учетом реальных производственных ситуаций с описанием возможных способов их решения при помощи одной из наиболее распространенных компьютерных программ, позволяющей использовать широкий спектр расчетов различного рода – электронных таблиц Microsoft Excel.

Практическое занятие № 1  
**ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ  
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АПК**

Цель занятия – освоение методики построения структурной схемы экономической системы.

**Теоретические сведения**

Рассмотрим простейшую систему с элементами «спрос», «цена», «объем производства» (рисунок 1).

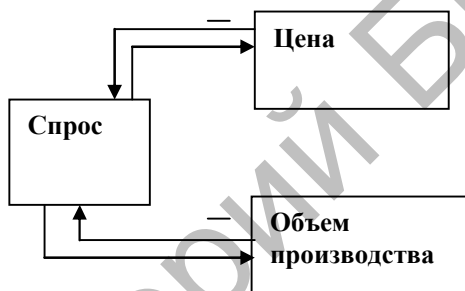


Рис. 1. Простейшая микроэкономическая система

Схема показывает, что некоторые элементы связаны друг с другом двусторонними связями, т. е. элементы взаимно влияют друг на друга. Такие двусторонние связи называют *обратными*. Обратная связь может быть положительной, т. е. сохраняющей тенденции, происходящие в системе изменений того или иного параметра (это означает, что с увеличением влияющего элемента, элемент, на который оказывается воздействие, увеличивается, соответственно, при уменьшении влияющего элемента, элемент, на который оказывается воздействие, тоже уменьшается) и отрицательной, – противодействующей тенденциям изменения выходного параметра. Это означает, что с увеличением влияющего элемента, элемент, на который оказывается воздействие, уменьшается и наоборот.

Совокупность двух связей разного знака между двумя элементами называется отрицательной обратной связью.

Недостатки модели:

- Объем производства влияет на цену не только через спрос, но и через себестоимость продукции. С увеличением объема производства себестоимость, как правило, уменьшается, а это возможность снизить ее цену, в связи с чем повышается спрос.

- Не отображает свойства продукции, благодаря которым покупатель платит за нее деньги.

- Не дает ответа на вопрос, где та цель, которую достигает предприниматель, организуя и финансируя данное производство.

Для устранения первого недостатка вводим элемент «себестоимость». Для устранения второго недостатка вводим элемент «качество продукции». Повышение качества продукции должно вызвать повышение спроса на нее, что отображается соответствующей положительной связью.

Но повышение качества не может быть достигнуто без определенных финансовых затрат, т. е. повышение качества не обходится без повышения себестоимости.

Непосредственно связать качество с себестоимостью неправильно, так как принципиально возможны и реально наблюдаются случаи, когда повышение качества продукции сопровождается не увеличением, а снижением себестоимости. Например: в качестве источника повышения качества продукции данного предприятия выбрано качество комплектующих изделий (КИ). Причем, чем выше качество КИ, тем выше их стоимость. Поэтому именно качество КИ можно непосредственно связать с себестоимостью положительной связью.

Качество КИ не входит в данную систему, оно является одним из элементов другой микроэкономической системы. Для данной системы качество КИ является одним из факторов окружающей среды.

Элемент «Прибыль» отображает цель микроэкономической системы.

Прибыль напрямую зависит от спроса на продукцию, и в то же время от прибыли зависит цена продукции, в которую прибыль, наряду с себестоимостью, входит как составная часть. Это нашло отражение в виде двух положительных связей. Непосредственное влияние спроса на цену мы заменяем влиянием спроса на прибыль. Таким образом, структурная схема приобретает следующий вид (рис. 2).

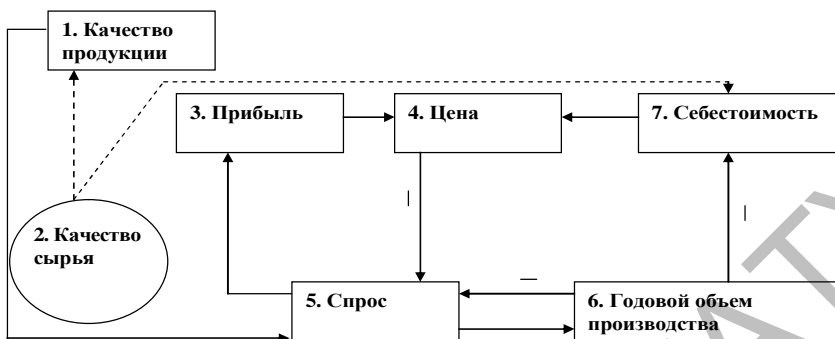


Рис. 2. Структурная схема элементарной микроэкономической системы

*Структурная схема* – это изображение структуры системы со всеми теми упрощениями, которые в данном случае являются допустимыми. Важнейшее требование к составлению каждой структурной схемы заключается в том, чтобы она позволяла достаточно точно решить поставленные задачи: в структурной схеме не должно быть упрощений, которые в данных условиях и при решении данных задач являются существенными и могут вносить значительные ошибки.

Структурную схему самой системы дополняют те факторы окружающей среды, которые принимаются во внимание при решении поставленных задач, и те связи, которые эти факторы создают с системой.

В качестве элементов структурной схемы принимаются различные объекты и характеристики, каждая из которых отображает одну из важнейших сторон функционирования системы. Элементы должны допускать возможность их количественной оценки путем расчета, измерения или обобщения мнений экспертов.

*Структурный коэффициент связи* между элементами – это количественный показатель силы связи между двумя элементами. Если обозначить зависимый элемент через  $i$ , а влияющий элемент через  $j$ , то структурный коэффициент связи  $a_{ij}$  показывает, насколько единиц меняется элемент  $i$  при изменении  $j$  на единицу.

### **Правила построения структурной схемы**

- Первый этап: формулирование задачи, которую требуется решить. Обычно формулировка задачи выглядит так: «Как в системе



изменится элемент  $X$  при возмущающем воздействии на систему фактора  $Y$ ?». Элемент  $X$ , изменение которого хотим найти, называется *конечным элементом*. Таких конечных элементов может быть несколько, поэтому необходимо назначить, по крайней мере, два конечных элемента – себестоимость изготовления единицы продукции и годовой объем ее выпуска. Зная эти два элемента, можем их перемножить и получить годовой объем прибыли предприятия (при этом предполагается, что все количество выпущенной продукции будет реализовано).

- Второй этап: за основу берут конечный элемент или один из конечных элементов. К нему пристраивают все входящие в него связи и элементы, которые эти связи создают. К этим элементам, в свою очередь, пристраивают входящие в них связи с создающими эти связи элементами. Наконец, когда ни одной новой реальной связи в создаваемой структурной схеме уже невозможно создать, необходимо найти те элементы, на которые влияет определяющий фактор окружающей среды.

- Третий этап: ставятся знаки связей и расставляются над связями количественные значения тех структурных коэффициентов, которые уже известны. Остальные структурные коэффициенты должны быть обоснованы или рассчитаны по достаточно проверенным методикам.

### ***Пример***

Составить структурную схему микроэкономической системы с элементами: 2 – прибыль; 3 – цена; 4 – спрос; 5 – себестоимость, 6 – годовой объем производства. Толчком, приводящим систему в действие, является возмущающее воздействие (фактор 1 – затраты на рекламу), индуцирующее повышение спроса. Расставить знаки связей.

### ***Методика выполнения***

В структурной схеме элементы системы обозначаем прямоугольниками, а факторы – кружками. Связи, которые существуют между элементами, обозначаем сплошными линиями, а связи, которые создают факторы с элементами системы, – пунктирными линиями. Фактором, вызывающим возмущающее воздействие на систему, являются дополнительные затраты на рекламу, которые влекут за собой повышение спроса на продукцию.

Таким образом, структурная схема приобретает следующий вид (рис. 3).

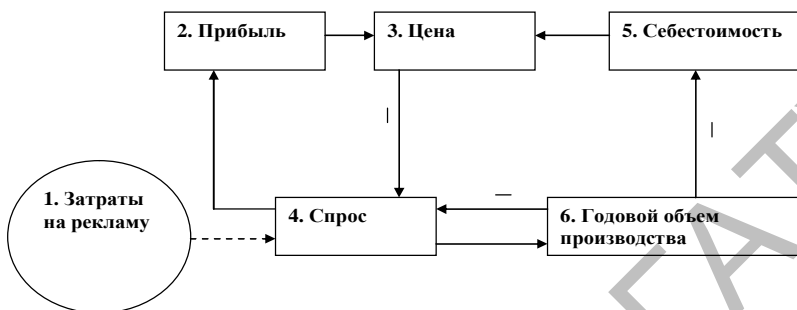


Рис. 3. Структурная схема элементарной микроэкономической системы

### Задания

**Задание 1.** Составить структурную схему микроэкономической системы с элементами: качество продукции, прибыль, цена, спрос, годовой объем производства, себестоимость. В качестве фактора рассмотреть повышение качества сырья. Расставить знаки связей.

**Задание 2.** Составить структурную схему микроэкономической системы с элементами: прибыль, цена, спрос, себестоимость, годовой объем производства. В качестве фактора взять фиктивное возмущающее воздействие, индуцирующее спрос. Расставить знаки связей.

**Задание 3.** Составить структурную схему макроэкономической системы Кейнса. Национальный доход  $D_1$  – общая сумма чистых выплат, предназначенных для приобретения потребительских благ  $B$  и средств  $I$ , необходимых для инвестирования дальнейшего развития производства. Так как  $I$  переходят в производственную сферу, они через некоторое время обеспечат дальнейшее увеличение  $D_1$ . К инвестициям, формирующимся из  $D_1$ , добавляется инвестиционный капитал  $K$  иностранных инвесторов. Внешние инвестиции  $K$  обеспечивают прирост валового продукта  $D_2$ . Из дохода, составляющего  $D_2$ , определенную, заранее оговоренную долю, получает внешний инвестор. Эта сумма  $M$  уходит из системы во внешнюю среду, оставшаяся величина дохода  $D_2$  переходит в  $D_1$ .

Практическое занятие № 2  
**ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО  
И ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА**

*Цель занятия – освоение методов кластерного и дискриминантного анализа и применение их на практике.*

**Теоретические сведения**

Пусть множество  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$  обозначает  $n$  объектов. Результат измерения  $i$ -й характеристики  $I_j$  объекта обозначают символом  $x_{ij}$ , а вектор  $\underline{X}_j = [X_{ij}]$  отвечает каждому ряду измерений (для  $j$ -го объекта). Таким образом, для множества  $I$  объектов исследователь располагает множеством векторов измерений  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ , которые описывают множество  $I$ . Множество  $X$  может быть представлено как  $n$  точек в  $p$ -мерном евклидовом пространстве  $E_p$ . Пусть  $m$  – целое число, меньшее чем  $n$ . Задача кластерного анализа заключается в том, чтобы на основании данных, содержащихся во множестве  $X$ , разбить множество объектов  $I$  на  $m$  кластеров (подмножеств)  $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m$  так, чтобы каждый объект  $I_j$  принадлежал одному и только одному подмножеству разбиения и чтобы объекты, принадлежащие разным кластерам, были разнородными (несходными).

Решением задачи кластерного анализа является разбиение, удовлетворяющее некоторому условию оптимальности. Этот критерий может представлять собой некоторый функционал, выражающий уровни желательности различных разбиений и группировок, который часто называют целевой функцией. Задачей кластерного анализа является задача оптимизации, т. е. нахождение минимума целевой функции при некотором заданном наборе ограничений. Примером целевой функции может служить, в частности, сумма квадратов внутригрупповых отклонений по всем кластерам.

В качестве метрики расстояния наиболее употребительными являются *Euclidean distance* (евклидово расстояние):

$$p(x_i, x_z) = \sqrt{\sum_{m=1}^k (x_{im} - x_{zm})^2}, \quad (1)$$

где  $i, z = 1, 2, 3 \dots n$ ; либо *Squared Euclidean distance* (квадратическое евклидово расстояние):

$$p(x_i, x_z) = \sum_{m=1}^k (x_{im} - x_{zm})^2. \quad (2)$$

Наиболее распространенной целевой функцией является внутрigrупповая сумма квадратов, при использовании которой алгоритм кластерного анализа может сводиться к следующему: если имеется  $n$  элементов и матрица расстояний между ними, сначала считается, что каждый элемент есть отдельный кластер. Затем на каждом шаге объединяются такие два кластера, которые приводят к минимальному увеличению целевой функции.

*Дискриминантный анализ* – это статистический метод, предназначенный для изучения отличий между двумя или большим количеством групп объектов с использованием данных о разнообразии нескольких признаков, отличающих эти объекты друг от друга. Типичная для дискриминантного анализа задача – определение тех признаков, которые лучше всего дискриминируют (отличают) объекты, относящиеся к разным группам. После того, как определены наилучшие способы дискриминации имеющихся групп (т. е. проведена интерпретация отличий между ними), этот способ анализа позволяет проводить классификацию образцов, принадлежность которых к той или иной группе заранее неизвестна.

Другими словами, необходимо построить «модель», позволяющую лучше всего предсказать, к какой совокупности будет принадлежать тот или иной образец. Термин «в модели» будет использоваться для того, чтобы обозначать переменные, используемые в предсказании принадлежности к совокупности; о неиспользуемых для этого переменных принято говорить, что они «вне модели».

### **Пример**

Двадцать банков, акции которых котируются на рынке, предоставили информацию (табл. 1), где  $X$  – затраты за прошлый период,  $Y$  – прибыль за прошлый период. Необходимо выяснить, акции каких банков имеет смысл приобрести (Buy), каких – придержать (Hold), а от каких – избавиться (Sell).

### **Методика выполнения**

Разобьем эти данные на кластеры (не нужно обладать какими-либо познаниями в области кластерного анализа, чтобы решить эту задачу). Сравнивая первую (1, 20, 7, 16, 8, 17, 11) и вторую группу банков (2, 15, 6, 3, 12, 19) можно сказать, что вторая группа предпочтительнее, так как при одних и тех же затратах вторая группа получает больше прибыли. Сравнивая первую группу банков с третьей (4, 13, 5, 9, 10, 14, 18), определяем, что предпочтительнее первая группа, так как при одной и той же прибыли затраты у нее меньше (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики банков

Номер банка	Затраты X	Прибыль Y	Рекомендация
1	4	2	Hold
2	6	10	Buy
3	5	7	Buy
4	12	3	Sell
5	17	4	Sell
6	3	10	Buy
7	6	1	Hold
8	6	3	Hold
9	15	1	Sell
10	15	4	Sell
11	5	4	Hold
12	3	8	Buy
13	13	5	Sell
14	15	3	Sell
15	5	9	Sell
16	8	3	Hold
17	6	4	Hold
18	14	3	Sell
19	4	8	Buy
20	4	3	Hold

## Задания

**Задание 1.** Необходимо исследовать 9 инвестиционных фондов с целью оценки их состояния. В качестве переменных используются следующие характеристики: прибыль (усл. д. ед.) и риск (балл). Исходные данные об инвестиционных фондах представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики инвестиционных фондов

Показатели	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8	Ф9
Прибыль (усл. д. ед.)	16 476	17 081	13 827	13 187	11 793	16 728	10 386	15 145	15 596
Риск (балл)	4	4	5	1	3	4	2	7	4

**Задание 2.** Необходимо исследовать 16 известных инвестиционных фондов с целью оценки их состояния. В качестве переменных используются следующие характеристики: доходность за пятилетний период, риск, ежегодный процент дохода по каждому году, расходная часть и налоговые рейтинги. Исходные данные об инвестиционных фондах представлены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики инвестиционных фондов, усл. д. ед.

Fund	Five	Risk	Per12	Per13	Per14	Per15	Per16	Expens	Tax	Recom
F Chip	16 476	2	10	25	6	55	4	1,22	89	Buy
F Contra	15 476	2	-1	21	16	55	4	1,03	90	Buy
F Destiny	14 757	3	4	26	15	39	-3	0,7	69	Buy
Vista A	15 145	4	-1	20	13	71	-6	1,49	96	Hold
Berger 100	15 596	5	-7	21	9	89	-6	1,7	95	Hold
Gab Assett	13 640	1	0	22	15	18	-6	1,33	85	Buy
Neub Focus	14 081	3	1	16	21	25	-6	0,85	75	Buy
F Magellan	13 827	3	-2	25	7	41	-5	0,96	73	Buy
Janus	13 187	2	-1	11	7	43	-1	0,91	85	Sell
L Mason	13 029	4	1	12	11	35	-17	1,82	92	Hold

Fund	Five	Risk	Per12	Per13	Per14	Per15	Per16	Expens	Tax	Recom
Gabelli Gr.	12 301	3	-3	11	4	34	-2	1,41	80	Sell
Franklin	11 793	2	3	7	3	27	2	0,77	90	Sell
Janus 20	12 441	4	-7	3	2	69	1	1,02	95	Sell
AARP	11 728	4	-10	16	5	41	-16	0,97	68	Sell
Kemper	11 386	4	-6	2	-2	67	4	1,09	86	Sell
20 <sup>th</sup> Cent Gr	11 258	4	-8	15	-4	32	0	1	60	Sell

Практическое занятие № 3  
**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ  
МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА  
АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

*Цель занятия – освоение методики иерархического представления задачи и определения лучшей альтернативы путем иерархического синтеза приоритетов элементов задачи.*

**Теоретические сведения**

Основное назначение метода анализа иерархий (МАИ) – это решение задач, связанных с выбором альтернативных вариантов по многим критериям, а также с учетом других разнообразных факторов, влияющих на решение задач.

Метод применяется для решения следующих задач:

- Задачи планирования и управления: разработка программ развития предприятий, отраслей, территорий, планирование инвестиций.
- Задачи проектирования: выбор вариантов конструкции различных изделий, проектов строительства сооружений различного назначения.
- Задачи прогнозирования: прогнозирование сценариев развития отраслей, научных направлений.
- Задачи выбора компромиссных решений в конфликтных ситуациях.

Основные достоинства МАИ:

- Высокая универсальность.
- Эффективность метода подтверждена на практике, много раз МАИ использовался для принятия решений на различных уровнях управления.
- Метод реализован в компьютерных системах поддержки принятия решений.
- Недостатком метода является необходимость получения большого количества информации от экспертов.
- Этапы МАИ:
  - Выполняется структуризация задачи: выделяются элементы, влияющие на решение.
  - Строится иерархическое представление задачи: элементы задачи и связи между ними представляются в виде многоуровневой структуры.
  - Выявляются экспертные оценки предпочтения элементов задачи относительно каждого элемента предыдущего, более высокого уровня.
  - Выполняется обработка экспертных оценок.
  - На основе результатов обработки экспертных оценок выбирается наиболее рациональный вариант решения.

Модифицированный метод анализа иерархий отличается от классического тем, что в нем не требуется выполнять парные сравнения альтернатив и критериев, а каждому элементу задачи приписывается непосредственная числовая оценка.

Способ вычисления собственного вектора при применении модифицированного МАИ: суммировать элементы каждой строки и разделить полученные суммы на сумму всех элементов матрицы парных сравнений. Первый элемент результирующего вектора будет приоритетом первого объекта, второй элемент – приоритетом второго объекта и т. д.

### ***Пример***

Необходимо сформировать смешанный портфель ценных бумаг, состоящий из базисной (безрисковой) и доходной (но более рискованной) частей. Имеются 4 альтернативы:

1. Государственные краткосрочные облигации.
2. Акции крупной финансовой компании.
3. Акции ресурсодобывающей компании.
4. Облигации государственного машиностроительного предприятия-монополиста на срок два года.



Критерии оценки альтернатив: срок, ликвидность, надежность, доходность, требования к минимальной сумме вложений.

Характеристика альтернатив с точки зрения критериев представлена в табл. 4.

Таблица 4

Характеристика альтернатив с точки зрения критериев

Критерий	А	В	С	Д
Срок	Краткосрочная ценная бумага	Срока не имеют	Срока не имеют	Долгосрочная бумага
Ликвидность	Имеют 100 % ликвидность	Проблем с реализацией не возникает, пока фирма существует	Свободно обращаются на вторичном рынке, однако менее ликвидны, чем ГКО	Не имеют большой ценности на вторичном РЦБ. Реализация затруднена
Надежность	Безрисковые бумаги. Гарантированы государством	Спекулятивные бумаги. Очень рискованные	Надежность бумаг обеспечивается стабильным положением фирмы на рынке	Вложение средств не связано с риском. Но в связи с менее устойчивым финансовым положением предприятия, бумаги менее надежны, чем акции компании С
Доходность	Наименее доходные бумаги	Самые доходные бумаги	Имеют среднюю доходность	Доходность выше, чем у С и А, но ниже, чем у В

Критерий	А	В	С	Д
Минимальная сумма вложений	Ограничения по ресурсам невелики	Ограничений по сумме вложений нет	Необходим достаточно большой капитал	Самое жесткое ограничение по $\min$ сумме вложений

Дать краткую сравнительную характеристику каждой альтернативы.

**Методика выполнения**

I. Формируем перечень критериев:

1. Срок (С1).
2. Ликвидность (С2).
3. Надежность (С3).
4. Доходность (С4).
5. Требования к минимальной сумме вложений (С5).

II. Формируем перечень альтернатив:

1. Государственные краткосрочные облигации (А).
2. Акции крупной финансовой компании (В).
3. Акции ресурсодобывающей компании (С).
4. Облигации государственного машиностроительного предприятия (D) на срок 2 года.

III. Определяем экспертные оценки относительной важности критериев (табл. 5).

Таблица 5

Экспертные оценки относительной важности критериев

Критерий	Очень высокая		Высокая		Средняя		Низкая		Очень низкая		$\lambda$	Ранг
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
С1				X							0,226	3
С2							X				0,129	4
С3			X								0,258	2
С4	X										0,323	1
С5									X		0,065	5

Вектор оценок важности критериев  $W = (W1, W2, W3, W4, W5)$ .

$W1 = 7; W2 = 4; W3 = 8; W4 = 10; W5 = 2$ .

Вычисляем вектор оценок коэффициентов относительной важности критериев  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5)$ :

$\lambda_1 = 7 : (7 + 4 + 8 + 10 + 2) = 7 : 31 = 0,226$ ;

$\lambda_2 = 4 : 31 = 0,129$  и т. д.

IV. Результаты сравнения альтернатив по критерию C1 (срок) заносим в табл. 6.

Таблица 6

Результаты сравнения альтернатив по критерию C1

Критерии	Очень высокая		Высокая		Средняя		Низкая		Очень низкая		$\lambda^I_1$	Ранг
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
A	X										0,667	1
B										X	0,067	3-4
C										X	0,067	3-4
D								X			0,200	2

$\lambda^I_1 (A) = 10 : (10 + 1 + 1 + 3) = 10 : 15 = 0,667$ ;

$\lambda^I_1 (B) = 1 : (10 + 1 + 1 + 3) = 1 : 15 = 0,067$  и т. д.

V. Результаты сравнения альтернатив по критерию C2 (ликвидность) заносим в табл. 7.

Таблица 7

Результаты сравнения альтернатив по критерию C2

Критерии	Очень высокая		Высокая		Средняя		Низкая		Очень низкая		$\lambda^I_2$	Ранг
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
A	X										0,345	1
B				X							0,241	3
C			X								0,276	2
D							X				0,138	4

$\lambda^I_2 (A) = 10 : (10 + 7 + 8 + 4) = 10 : 29 = 0,345$ ;

$\lambda^I_2 (B) = 7 : (10 + 7 + 8 + 4) = 7 : 29 = 0,241$ ;

$$\lambda^{\text{II}}_2(C) = 8 : (10 + 7 + 8 + 4) = 8 : 29 = 0,276;$$

$$\lambda^{\text{II}}_2(D) = 4 : (10 + 7 + 8 + 4) = 4 : 29 = 0,138.$$

VI. Результаты сравнения альтернатив по критерию С3 (надежность) заносим в табл. 8.

Таблица 8

Результаты сравнения альтернатив по критерию С3

Критерии	Очень высокая 10	9	Высокая		Средняя		Низкая		Очень низкая 2	1	$\lambda^{\text{II}}_3$	Ранг
			8	7	6	5	4	3				
A	X										0,385	1
B										X	0,040	4
C			X								0,308	2
D				X							0,280	3

$$\lambda^{\text{II}}_3(A) = 10 : (10 + 1 + 8 + 7) = 10 : 26 = 0,385;$$

$$\lambda^{\text{II}}_3(B) = 1 : (10 + 1 + 8 + 7) = 1 : 26 = 0,040;$$

$$\lambda^{\text{II}}_3(C) = 8 : (10 + 1 + 8 + 7) = 8 : 26 = 0,308;$$

$$\lambda^{\text{II}}_3(D) = 7 : (10 + 1 + 8 + 7) = 7 : 26 = 0,280.$$

VII. Результаты сравнения альтернатив по критерию С4 (доходность) заносим в табл. 9.

Таблица 9

Результаты сравнения альтернатив по критерию С4

Критерии	Очень высокая 10	9	Высокая		Средняя		Низкая		Очень низкая 2	1	$\lambda^{\text{II}}_4$	Ранг
			8	7	6	5	4	3				
A									X		0,077	4
B	X										0,385	1
C					X						0,230	3
D			X								0,308	2

$$\lambda^{\text{II}}_4(A) = 2 : (2 + 10 + 6 + 8) = 2 : 26 = 0,077;$$

$$\lambda^{\text{II}}_4(B) = 10 : (2 + 10 + 6 + 8) = 10 : 26 = 0,385;$$

$$\lambda^{\text{II}}_4(C) = 6 : (2 + 10 + 6 + 8) = 6 : 26 = 0,230;$$

$$\lambda^{\text{II}}_4(D) = 8 : (2 + 10 + 6 + 8) = 8 : 26 = 0,308.$$

VIII. Результаты сравнения альтернатив по критерию C5 (требования к минимальной сумме вложений) заносим в табл. 10.

Таблица 10

Результаты сравнения альтернатив по критерию C5

Критерии	Очень высокая 10	9	Высокая 8	7	Средняя 6	5	4	3	Низкая 2	1	$\lambda^{\text{II}}_5$	Ранг
A			X								0,296	2
B	X										0,370	1
C						X					0,185	3
D							X				0,148	4

$$\lambda^{\text{II}}_5(A) = 8 : (8 + 10 + 5 + 4) = 8 : 27 = 0,296;$$

$$\lambda^{\text{II}}_5(B) = 10 : (8 + 10 + 5 + 4) = 10 : 27 = 0,370;$$

$$\lambda^{\text{II}}_5(C) = 5 : (8 + 10 + 5 + 4) = 5 : 27 = 0,185;$$

$$\lambda^{\text{II}}_5(D) = 4 : (8 + 10 + 5 + 4) = 4 : 27 = 0,148.$$

IX. Определяем итоговые приоритеты альтернатив и формируем портфель ценных бумаг (табл. 11).

Таблица 11

Формирование портфеля ценных бумаг

Активы	Локальные приоритеты альтернатив					Итоговые результаты	
	1	2	3	4	5	$\lambda$	Ранг
A	0,667	0,345	0,385	0,077	0,296	0,339	1
B	0,067	0,241	0,040	0,385	0,370	0,205	4
C	0,067	0,276	0,308	0,230	0,185	0,217	3
D	0,200	0,138	0,280	0,308	0,148	0,244	2

$$\lambda(A) = 0,667 \cdot 0,226 + 0,345 \cdot 0,129 + 0,385 \cdot 0,258 + 0,077 \times \\ \times 0,323 + 0,296 \cdot 0,065 = 0,339;$$

$$\lambda(B) = 0,067 \cdot 0,226 + 0,241 \cdot 0,129 + 0,040 \cdot 0,258 + 0,385 \times \\ \times 0,323 + 0,370 \cdot 0,065 = 0,205 \text{ и т. д.}$$

Структура портфеля ценных бумаг:

- 33,9 % – государственные краткосрочные облигации;
- 20,5 % – акции крупной финансовой компании;

- 21,7 % – акции ресурсодобывающей компании;
- 24,4 % – облигации государственного машиностроительного предприятия.

### Задания

**Задание 1.** Выбрать вариант наиболее надежного обеспечения кредита с помощью метода анализа иерархий. Альтернативные виды обеспечения кредита: 1 – иностранная валюта; 2 – драгоценные металлы; 3 – ценные бумаги; 4 – недвижимость.

*Критерии оценки.* Экономические: 1 – вероятность увеличения стоимости; 2 – возврат стоимости; 3 – ликвидность. Физические: 1 – отсутствие износа; 2 – наличие места для хранения. Юридические: 1 – законодательно оформленное право требования; 2 – гарантии на использование имущества.

**Задание 2.** Выбрать стратегию расширения доли рынка предприятием, производящим продукты питания, с помощью метода анализа иерархий.

Альтернативные стратегии:

- Снижение цены. Это возможно в том случае, когда фирма имеет некоторое преимущество перед конкурентами или может обеспечить снижение себестоимости продукции. Однако реализация этой стратегии может привести к ценовой конкуренции, что само по себе достаточно опасно.

- Модификация существующих продуктов. Она потребует дополнительных расходов на переналадку производства, но при этом обеспечит некоторое повышение качества продукции. Реализация такой стратегии может привлечь новых покупателей, способствуя новому перераспределению долей рынка между предприятиями. Конкуренция в данном случае не является ценовой и столь сильной.

- Разработка нового продукта. Эта стратегия потребует дополнительных и значительных расходов, но позволит в случае успеха опередить конкурентов в технологическом развитии и некоторое время быть монополистом на рынке.

- Поиск новых рынков сбыта. В этом случае предприятие за счет поиска новых рынков и вхождения на них может увеличить объем продаж, но это не повлечет за собой перераспределение старого рынка. При такой стратегии также достаточно велика вероятность

возникновения сильной конкурентной борьбы и возрастания расходов на маркетинговые исследования и новые производственные мощности.

- Для оценки альтернатив определены следующие критерии: 1 – затраты на расширение производства; 2 – время реализации проекта; 3 – затраты на маркетинговые исследования; 4 – управленческие расходы; 5 – риск от потерь; 6 – срок окупаемости; 7 – качество продукции; 8 – цена продукции.

Дать оценку альтернатив относительно критериев.

#### Практическое занятие № 4

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ В ЭКОНОМИКЕ**

*Цель занятия – освоение методики анализа проблемных ситуаций в экономике по степени достижения различных целей и определение обобщенной оценки каждой альтернативы.*

#### **Теоретические сведения**

К общей формулировке многокритериальной задачи могут сводиться задачи различного содержания, которые можно подразделить на четыре типа.

1. Задачи оптимизации на множестве целей, каждая из которых должна быть учтена при выборе оптимального решения. Примером может служить задача составления плана работы предприятия, в которой критерии – ряд экономических показателей.

2. Задачи оптимизации на множестве объектов, качество функционирования каждого из которых оценивается самостоятельным критерием. Если качество функционирования каждого объекта оценивается несколькими критериями (векторным критерием), то такая задача называется многовекторной. Примером может служить задача распределения дефицитного ресурса между несколькими предприятиями. Для каждого предприятия критерием оптимальности является степень удовлетворения его потребности в ресурсе или другой показатель, например, величина прибыли.

Для планирующего органа критерием выступает вектор локальных критериев предприятий.

3. Задачи оптимизации на множестве условий функционирования. Задан спектр условий, в которых предстоит работать объекту, и применительно к каждому условию качество функционирования оценивается некоторым частным критерием.

4. Задачи оптимизации на множестве этапов функционирования. Рассматривается функционирование объектов на некотором интервале времени, разбитом на несколько этапов. Качество управления на каждом этапе оценивается частным критерием, а на множестве этапов – общим векторным критерием.

Многокритериальные задачи можно также классифицировать по другим признакам: по вариантам оптимизации, по числу критериев, по типам критериев, по соотношениям между критериями, по уровню структуризации, наличию фактора неопределенности.

При разработке методов решения векторных задач приходится решать ряд специфических проблем.

Проблема нормализации возникает в связи с тем, что локальные критерии имеют, как правило, различные единицы и масштабы измерения, и это делает невозможным их непосредственное сравнение. Операция приведения критериев к единому масштабу и безразмерному виду носит название «нормирование». Наиболее распространенными способами нормирования является замена абсолютных значений критериев их безразмерными относительными величинами или относительными значениями отклонений от оптимальных значений критериев.

Проблема выбора принципа оптимальности связана с определением свойств оптимального решения и решением вопроса: в каком смысле оптимальное решение превосходит все остальные?

Проблема учета приоритета критериев встает, если локальные критерии имеют различную значимость. Необходимо найти математическое определение приоритета и степень его влияния на решение задачи.

Проблема вычисления оптимума возникает, если традиционные вычислительные схемы и алгоритмы непригодны для решения задачи векторной оптимизации.

Решение перечисленных проблем идет в нескольких направлениях. Основные направления:



методы, основанные на свертывании критериев в единый;  
 методы, использующие ограничения на критерии;  
 методы целевого программирования;  
 методы, основанные на отыскании компромиссного решения;  
 методы, в основе которых лежат человеко-машинные процедуры  
 принятия решений (интерактивное программирование).

**Пример**

**Проблемная ситуация «Освоение ремонта двигателя».**

Перед объединением поставлена задача освоить ремонт двигателя. Ремонт может быть освоен одним из трех заводов. Характеристики альтернатив приведены в табл. 12.

Таблица 12

Характеристики альтернатив

Альтернатива	Затраты на освоение заводом ремонта двигателей, млн руб.	Расстояние от завода до основного заказчика, км
Завод «А»	2,0	112
Завод «В»	1,07	89
Завод «С»	2,45	106

Множество целей включает (в скобках указаны веса целей):

Ц1 – минимизировать затраты на освоение заводом ремонта двигателя (0,4);

Ц2 – минимизировать сроки оборачиваемости двигателя от завода до заказчика и обратно (0,3);

Ц3 – обеспечить наименьшие сроки ремонта двигателя (0,2).

Ц4 – удовлетворить потребности отрасли в отремонтированных двигателях данного типа (0,1).

Множество ограничений – ремонт должен быть освоен только на одном заводе.

Множество альтернативных вариантов решений:

У1 – освоить ремонт на заводе «А».

У2 – освоить ремонт на заводе «В».

У3 – освоить ремонт на заводе «С».

Выбрать оптимальное решение по принципу Парето и методом линейной комбинации частных критериев.

### **Методика выполнения**

Проранжируем каждый альтернативный вариант решения по степени достижения каждой цели. Ранг 1 присваивается варианту решения, который в наибольшей степени соответствует достижению цели; ранг 2 – следующему за ним и т. д.

Результаты ранжирования приведены в табл. 13.

Таблица 13

Результаты ранжирования

Вариант	Цели			
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4
У1	2	3	1	1
У2	1	1	1	1
У3	3	2	1	1
Вес цели	0,4	0,3	0,2	0,1

Определим обобщенную оценку каждой альтернативы, для чего умножим соответствующие значения рангов и весов:

$$У1 = 2 \cdot 0,4 + 3 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,1 = 2,0;$$

$$У2 = 1;$$

$$У3 = 2,1.$$

Выберем в качестве наилучшего решения то, которое получит минимальную оценку. Согласно принципу Парето, наилучшим является также решение У2.

### **Задания**

**Задание.** Проблемная ситуация «Развитие молочного животноводства».

Для удовлетворения все возрастающих потребностей населения в молоке и молочных продуктах необходимо увеличить производство молока в 1,3 раза. Требуется выбрать основное направление развития молочного животноводства в регионе, обеспечивающее заданное увеличение производства молока из множества альтернативных вариантов решений.

Целями решения являются (веса целей указаны в скобках):

Ц1 – получить максимум прироста объема производства молока (0,4);

Ц2 – минимизировать объем капитальных вложений (0,2);  
Ц3 – обеспечить заданное увеличение производства молока в наикратчайший срок (0,2);

Ц4 – повысить производительность труда в молочном животноводстве (0,2).

Ограничение: прирост молока необходимо обеспечить в ближайшие 3–4 года при минимальном привлечении дополнительных трудовых ресурсов; строительство новых промышленных комплексов по производству молока не должно сдерживать развитие сети объектов и предприятий соцкультбыта и строительство жилья.

Альтернативные варианты:

У1 – построить молочные комплексы и увеличить поголовье коров. Эта альтернатива обеспечивает также увеличение производства мяса, так как увеличивается приплод телят;

У2 – создать полноценную кормовую базу, улучшить породный состав коров и на этой основе повысить их продуктивность, т. е. реализовать на практике интенсификацию молочного животноводства;

У3 – осуществить комплексный подход к решению проблемы. Провести реконструкцию и расширение действующих мощностей, укрепить кормовую базу и на этой основе увеличить поголовье коров и повысить их продуктивность;

У4 – внедрить немецкую технологию.

Альтернативы характеризуются следующими технико-экономическими показателями (табл. 14).

Таблица 14

Технико-экономические показатели альтернатив

Варианты решений	Удельные капитальные вложения на прирост 1 т молока, усл. д. ед.	Дополнительная потребность в трудовых ресурсах на 1 тыс. т молока, чел.	Время реализации решений для достижения заданного объема прироста, лет
У1	1,67	7,4	3
У2	2,13	10,2	4
У3	2,87	11,4	3
У4	1,12	8,2	5

Практическое занятие № 5  
**МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА  
ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

*Цель занятия – освоение методов обработки и анализа экспертной информации; умение определять обобщенное итоговое ранжирование факторов по степени влияния на исследуемый объект.*

**Теоретические сведения**

Степень согласованности оценок двух экспертов или двух групп экспертов характеризуется коэффициентом ранговой корреляции Ч. Спирмена (3):

$$\rho = \frac{3}{n-1} \left[ \frac{4 \sum_{i=1}^n X_i Y_i}{n(n+1)} - (n+1) \right], \quad (3)$$

где  $n$  – число критериев;

$X_i, Y_i$  – соответствующие оценки экспертов  $i$ -го критерия.

$-1 \leq \rho \leq 1$ . Чем ближе  $\rho$  к единице, тем более согласованы решения. Обычно согласованность считается удовлетворительной при  $\rho = 0,85-0,94$  и хорошей при  $\rho \geq 0,95$ .

Вместо формулы (3) для вычисления коэффициента ранговой корреляции Спирмена пользуются эквивалентной ей формулой (4):

$$\rho = 1 - \left[ \frac{6 \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n(n^2 - 1)} \right], \quad (4)$$

где  $X_i - Y_i$  – разность между рангами соответствующих критериев, приписываемых обоими экспертами;

$n$  – число критериев.

Для оценки согласованности мнений группы из  $m$  экспертов по  $n$  показателям применяется коэффициент конкордации  $W$  (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

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1))^2}{m^2 (n^3 - n)}, \quad (5)$$

где  $m$  – число экспертов;

$n$  – число критериев;

$x_{ij}$  – оценка  $i$ -м экспертом  $j$ -го критерия. Для оценки согласованности мнений группы из  $m$  экспертов по  $n$  показателям применяется коэффициент конкордации  $W$  (общий коэффициент ранговой корреляции для группы, состоящей из  $m$  экспертов).

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

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1))^2}{(m^2 (n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i)}, \quad (6)$$

где  $T_i$  – показатель равных рангов в оценках  $i$ -го эксперта, который рассчитывается по формуле

$$T_i = 1/12 \sum_{l=1}^h (t_l^3 - t_l), \quad (7)$$

где  $t_l$  – 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  $W \geq 0,5$  и хорошей, если  $W \geq 0,7$ .

**Пример 1**

10 показателей конкурентоспособности нового товара ранжируются двумя экспертами по степени важности. Определить согласованность мнений экспертов с помощью коэффициента ранговой корреляции Ч. Спирмена. Мнения экспертов приведены в табл. 15.

Таблица 15

Оценки экспертов

Показатели	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Эксперт 1	10	7	6	4	9	1	8	5	3	2
Эксперт 2	9	6	5	3	8	10	7	4	2	1

**Методика выполнения**

Для определения степени согласованности используем формулу (4).

В нашем случае  $n = 10$ . Тогда получим следующее значение коэффициента Спирмена:

$$\rho = 1 - \frac{6(1+1+1+1+1+81+1+1+1+1)}{10(100-1)} = 0,46.$$

Следовательно, согласованность мнений экспертов неудовлетворительная.

**Пример 2**

Пяти экспертам было предложено проранжировать 9 факторов по степени их влияния на производительность труда рабочих. Набор этих факторов включает:

- $X_1$  – коэффициент напряженности норм;
- $X_2$  – условия труда рабочих (освещенность, санитарные условия);
- $X_3$  – стаж работы по специальности;
- $X_4$  – состояние тарифной системы;
- $X_5$  – состояние оборудования;
- $X_6$  – коэффициент ритмичности поставок сырья;

$X_7$  – сбыт продукции;  
 $X_8$  – социально-психологические условия;  
 $X_9$  – организацию работы в цехе по обеспечению рабочих мест инструментом и т. п.

Ответы экспертов о ранжировании факторов сведены в табл. 16.

Определить, какие факторы в наибольшей степени влияют на производительность труда, оценить степень согласованности мнений экспертов.

Таблица 16

Оценки экспертов

Эксперты	Факторы								
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$
1	1	2	3	2	4	1	1	5	2
2	3	4	5	6	3	2	1	7	4
3	2	3	4	3	3	1	2	5	6
4	1	1	2	4	4	1	1	5	3
5	4	5	6	7	5	3	1	4	2

**Методика выполнения**

$m$  – число экспертов,  $m = 5$ .

$n$  – число критериев,  $n = 9$ .

Стандартизированные ранги в оценках первого эксперта.

Ранг 1:

Факторы  $X_1, X_6, X_7$  делят между собой первое, второе и третье места.

$$(1 + 2 + 3) : 3 = 2.$$

Их стандартизированный ранг равен 2. Заносим его в таблицу стандартизированных рангов (табл. 17).

Ранг 2:

Факторы  $X_2, X_4, X_9$  делят между собой четвертое, пятое и шестое места.

$$(4 + 5 + 6) : 3 = 5.$$

Их стандартизированный ранг равен 5.

Ранг 3:

Фактор  $X_2$  занимает седьмое место и ни с кем его не делит. Следовательно, стандартизированный ранг фактора  $X_3$  равен 7.

Ранг 4:

Фактор  $X_5$  занимает восьмое место и ни с кем его не делит. Следовательно, стандартизированный ранг фактора  $X_5$  равен 8.

Ранг 5:

Фактор  $X_8$  занимает девятое место и ни с кем его не делит. Следовательно, стандартизированный ранг фактора  $X_8$  равен 9.

Аналогично приведем к стандартизированному виду оценки остальных экспертов (табл. 17).

Таблица 17

Стандартизированные ранги

Эксперты	Факторы								
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$
1	2	5	7	5	8	2	2	9	5
2	3,5	5,5	7	8	3,5	2	1	9	5,5
3	2,5	5	7	5	5	1	2,5	8	9
4	2,5	2,5	5	7,5	7,5	2,5	2,5	9	6
5	4,5	6,5	8	9	6,5	3	1	4,5	2
S	15	24,5	34	34,5	30,5	10,5	9	39,5	27,5
Результирующий ранг	3	4	7	8	6	2	1	9	5

Анализ результирующего ранга показал, что факторы  $x_7$ ,  $x_6$ ,  $x_1$  в наибольшей степени влияют на производительность труда.

Оценим степень согласованности мнений экспертов (формула (6)).

Для этого необходимо определить показатель равных рангов  $T_i$  для каждого эксперта по формуле (7):

$$T_1 = \frac{1}{12} \left( (3^3 - 3) + (3^3 - 3) \right) = \frac{1}{12} (24 + 24) = 4;$$

$$T_2 = \frac{1}{12} \left( (2^3 - 2) + (2^3 - 2) \right) = \frac{1}{12} 12 = 1;$$



$$T_3 = \frac{1}{12} \left( (3^3 - 3) + (2^3 - 2) \right) = \frac{1}{12} (24 + 6) = 2,5;$$

$$T_4 = \frac{1}{12} \left( (4^3 - 4) + (2^3 - 2) \right) = \frac{1}{12} 66 = 5,5;$$

$$T_5 = \frac{1}{12} \left( (2^3 - 2) + (2^3 - 2) \right) = \frac{1}{12} (6 + 6) = 1;$$

$$m \sum T_i = (5 (4 + 1 + 2,5 + 5,5 + 1)) = 5 \cdot 14 = 70.$$

Рассчитаем коэффициент конкордации  $W$  по формуле (6):

$$W = \frac{12 \left( \left( 15 - \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 10 \right) + (24,5 - 25)^2 + (34 - 25)^2 + (34,5 - 25)^2 + (30,5 - 25)^2 \right)}{25(9^3 - 9) - 70} + \frac{12 \left( (10,5 - 25)^2 + (9 - 25)^2 + (39,5 - 25)^2 + (27,5 - 25)^2 \right)}{25(9^3 - 9) - 70} = \frac{12 \cdot 984,5}{25(9^3 - 9) - 70} = 0,66.$$

$W \geq 0,5$ , следовательно, согласованность мнений экспертов удовлетворительная.

### Задания

**Задание 1.** 10 показателей конкурентоспособности нового товара ранжируются двумя экспертами по степени важности. Определить согласованность мнений экспертов с помощью коэффициента Ч. Спирмена. Мнения экспертов приведены в табл. 18.

Таблица 18

Оценки экспертов

Показатели	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Эксперт 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эксперт 2	10	9	8	7	6	4	5	2	3	1

**Задание 2.** Оценки трех экспертов по важности пяти критериев сведены в таблицу. Оценить степень согласованности мнений экспертов с помощью расчета коэффициента конкордации. Мнения экспертов приведены в табл. 19.

Таблица 19

Оценки экспертов

Эксперты	K1	K2	K3	K4	K5
Э1	2	5	4	3	1
Э2	1	5	3	4	2
Э3	2	4	3	5	1

**Задание 3.** Необходимо выбрать лучший вариант повышения эффективности производства продукции. Имеются 5 альтернативных вариантов: А1 – продавать отходы; А2 – изменить технологический процесс; А3 – создать подсобное производство; А4 – перейти на выпуск новых изделий; А5 – отказаться от производства данного вида продукции.

Каждый из экспертов оценивает альтернативы по 10-балльной шкале. Чем более предпочтительной является альтернатива, тем более высокий балл для нее указывается.

Выбрать лучшую альтернативу; определить, мнение какого эксперта в наибольшей степени отличается от мнения группы; по поводу какой альтернативы наблюдается наибольшее расхождение мнений экспертов (с помощью расчета дисперсии).

Оценки экспертов приведены в табл. 20.

Таблица 20

Оценки экспертов

Эксперты	Альтернативы				
	A1	A2	A3	A4	A5
1	10	10	7	2	6
2	10	9	10	4	6
3	10	8	10	3	7
4	9	10	6	2	9

Практическое занятие № 6

**МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ:  
ДОГОВОРНЫХ ПОСТАВОК И УРОЖАЙНОСТИ  
ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

*Цель занятия – освоение методики обоснования ключевых показателей сельскохозяйственных организаций: договорных поставок и урожайности зерновых культур.*

**Теоретические сведения**

Обоснование прогнозной информации в разрезе сельскохозяйственных культур и отраслей включает следующие этапы:

- определение перечня сельскохозяйственных культур и отраслей, которые могут получить развитие в рассматриваемом хозяйстве;
- обоснование договорных поставок сельхозпродукции государству и второго ключевого показателя хозяйства – урожайности зерновых культур;
- расчет перспективных показателей отраслей и производств на основе системы информационных (корреляционных) моделей;
- обоснование технологических и производственных ограничений на размеры важнейших (товарных) отраслей.

При обосновании объема договорных поставок возможен следующий подход. По рассматриваемому предприятию рассчитывается оптимальная программа его развития по оптимизационной экономико-математической модели. План реализации товарной продукции должен в среднем расти не менее, чем на 3 % в год. Из всей произведенной товарной продукции 70–80 % составят договорные поставки, а остальное – рыночный фонд. При построении модели будет учтена реализация товарной продукции государству и на рынок. Рыночная надбавка составляет 20 %.

Обоснование прогнозных показателей отраслей и производств на год освоения программы начинаем с *прогнозирования средней урожайности зерновых культур.*

Для этого по данным фактической урожайности зерновых рассчитаем параметры линейной КМ:  $y_x = a_0 + a_1x$ . При этом вместо  $a_0$  принимаем фактическое среднее значение урожайности зерновых ( $y_0$ ),  $x$  – плановый период.

Ориентировочно коэффициент приращения  $a_1$  в зависимости от средней фактической урожайности этих культур на начало планового периода ( $y_j^0$ ) может составить :

$y_j^0$	среднегодовое приращение, $a_1$
до 20	2,4–2,3
20,1–25	2,2–2,1
25,1–30	2,0–1,9
30,1–35	1,8–1,5
35,1–40	1,4–1,0
40 и более	0,9–0,6.

### **Пример 1**

Рассчитайте прогнозные значения объемов реализации товарной продукции и договорных поставок сельскохозяйственной организации на основе данных табл. 21.

Таблица 21

Объем реализации товарной продукции

Вид продукции	Фактическое количество, ц
Зерно	66 910
Рапс	1 850
Лен-семя	50
Льнотреста	980
Молоко	38 320
Говядина	2 390

### **Методика выполнения**

Рассчитаем прогнозные объемы реализации продукции и прогнозные договорные поставки (табл. 22).

Прогнозируем увеличение объемов товарной продукции ежегодно на 3 %. Договорные поставки составят 70 % по следующей продукции: зерновые, говядина. Рапс, лен, молоко реализуются только государству.

Прогнозный объем реализации зерна составит:

$$66\,910 \cdot 1,09 = 72\,932 \text{ ц.}$$

Прогнозный объем договорных поставок зерна составит:

$$72\,932 \cdot 0,70 = 51\,052 \text{ ц.}$$

Прогнозный объем реализации рапса составит:

$$1\,850 \cdot 1,09 = 2\,017 \text{ ц.}$$

Прогнозный объем реализации льняного семени составит:

$$50 \cdot 1,09 = 55 \text{ ц.}$$

Прогнозный объем реализации льнотресты составит:

$$980 \cdot 1,09 = 1\,068 \text{ ц.}$$

Прогнозный объем реализации молока составит:

$$38\,320 \cdot 1,09 = 41\,769 \text{ ц.}$$

Прогнозный объем реализации говядины составит:

$$2\,390 \cdot 1,09 = 2\,605 \text{ ц.}$$

Прогнозный объем договорных поставок говядины составит:

$$2\,605 \cdot 0,70 = 1\,824 \text{ ц.}$$

Прогнозные объемы реализации и договорных поставок различных видов товарной продукции заносим в табл. 22.

Таблица 22

Договорные поставки продукции, ц

Вид продукции	Фактическое количество	Прогнозные показатели	
		объем реализации	договорные поставки
Зерно	66 910	72 932	51 052
Рапс	1 850	2 017	2 017
Лен-семя	50	55	55
Льнотреста	980	1 068	1 068
Молоко	38 320	41 769	41 769
Говядина	2 390	2 605	1 824

### Пример 2

Спрогнозируйте на основе данных табл. 23 прогнозную урожайность зерновых культур в сельскохозяйственной организации на перспективу (на три года вперед).

Фактическая урожайность отдельных зерновых культур

Культура	Урожайность, ц/га
Озимые зерновые	30,2
Яровые зерновые	40,4
Зернобобовые	37,8

**Методика выполнения**

Фактическая урожайность озимых зерновых  $a_0 = 30,2$  ц/га. Коэффициент регрессии  $a_1 = 1,8$  (возможное среднегодовое приращение) определяем в соответствии с фактической урожайностью. Величина планового периода  $x = 3$  года.

Таким образом, прогнозная урожайность озимых зерновых составит:

$$y_x = 30,2 + 1,8 \cdot 3 = 35,6 \text{ ц/га.}$$

Прогнозная урожайность яровых зерновых составит:

$$y_x = 40,4 + 0,9 \cdot 3 = 43,1 \text{ ц/га.}$$

Прогнозная урожайность зернобобовых составит:

$$y_x = 37,8 + 1,2 \cdot 3 = 41,4 \text{ ц/га.}$$

Средняя прогнозная урожайность зерновых:

$$(35,6 + 43,1 + 41,4) : 3 = 40,03 \text{ ц/га.}$$

**Задания**

**Задание 1.** Спрогнозируйте объем договорных поставок продукции хозяйства и объемы реализации продукции.

Исходная информация:

1. По сельскохозяйственному предприятию рассчитана оптимальная программа его развития по оптимизационной экономико-математической модели. Согласно полученному прогнозу объем реализации товарной продукции составит 1 510 500 усл. д. ед.

4. Договорные поставки составляют 75 % от стоимости товарной продукции.

5. Структура товарной продукции, %: зерно – 10, молоко – 45, говядина – 35.

6. Цена за единицу продукции, усл. д. ед.: зерно – 18, молоко – 35, говядина – 260.

**Задание 2.** Спрогнозируйте урожайность зерновых культур кооператива на перспективу (на три года вперед).

Исходная информация:

1. Фактическая урожайность зерновых в среднем по кооперативу на начало планового периода составляет 35,2 ц/га.

2. Урожайность отдельных зерновых по отношению к средней урожайности зерновых культур характеризуется коэффициентами соотношения: озимая рожь – 0,85, ячмень – 1,28; озимая пшеница – 1,32, гречиха – 0,65.

**Задание 3.** Спрогнозируйте урожайность сельскохозяйственных культур кооператива на перспективу (на три года вперед).

Исходная информация:

1. КМ формирования урожайности зерновых в среднем по совокупности кооперативов имеет вид:  $y_x = y_0 + 1,90 t$ ,  $t_r = 5,4$ ,  $F_1 = 3,2$ , где  $t$  – номер года, при  $t = 1$  в первый год прогноза,  $y_0$  – фактическое среднее значение урожайности зерновых в хозяйстве на начало планового периода.

2. Фактическая урожайность зерновых в среднем по кооперативу на начало планового периода составляет 30 ц/га.

3. Урожайность других сельскохозяйственных культур в зависимости от урожайности зерновых ( $x_j$ ) характеризуется КМ:

картофель:  $y_j^x = 31,7x_j^{0,581}$ ;

кормовые корнеплоды:  $y_j^x = 51,69x_j^{0,649}$ ;

сахарная свекла:  $y_j^x = 0,63(51,9x_j^{0,649})$ ;

кукуруза на силос (зеленая масса):  $y_j^x = 53,3x_j^{0,496}$ .

Практическое занятие № 7

**СОСТАВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГРУПП ОГРАНИЧЕНИЙ  
ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОГНОЗНОЙ  
И ПЛАНОВОЙ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

*Цель занятия – получение практических навыков составления основных групп ограничений ЭММ по оптимизации прогноз- ной и плановой программы развития сельскохозяйственной организации.*

## Теоретические сведения

Для построения структурной модели необходимо ввести условные обозначения. Данные обозначения включают в себя 3 группы: индексация, неизвестные величины, известные величины. Рассмотрим каждую из них.

### *Индексация*

- $j$  – номер отраслей растениеводства и животноводства;
- $J_0$  – множество отраслей растениеводства и животноводства;
- $J_1$  – множество отраслей растениеводства,  $J_1 \in J_0$ ;
- $J_2$  – множество отраслей животноводства,  $J_2 \in J_0$ ;
- $J_3$  – множество товарных отраслей хозяйства,  $J_3 \in J_0$ ;
- $I_0$  – множество видов сельскохозяйственных угодий;
- $I_1$  – множество видов труда;
- $I_2$  – множество видов питательных веществ;
- $I_3$  – множество видов товарной продукции;
- $h$  – номер вида корма;
- $H_0$  – множество видов кормов;
- $H_1$  – множество покупных кормов,  $H_1 \in H_0$ ;
- $H_2$  – множество кормов животного происхождения, покупных и побочных кормов,  $H_2 \in H_0$ ;
- $H_3$  – множество побочных кормов,  $H_3 \in H_0$ ;
- $H_4$  – множество основных кормов,  $H_4 \in H_0$ .

### *Неизвестные величины или переменные*

- $x_i$  – количество привлеченного труда вида  $i$ ;
- $x_h$  – количество покупных кормов  $h$ -го вида;
- $x_{hj}$  – скользящая переменная или добавка  $h$ -го вида корма  $j$ -му виду животных;
- $x_j$  – размер отрасли  $j$ ;
- $x_h$  – количество кормов  $h$  животного происхождения, побочных и покупных;
- $x_h$  – количество побочных кормов  $h$ ;
- $x_{ir}$  – объем рыночного фонда по товарной продукции вида  $i$ .

### *Известные величины*

- $A_i$  – наличие сельскохозяйственных угодий вида  $i$ ;
- $B_i$  – наличие трудовых ресурсов вида  $i$ ;
- $W_h$  – расход кормов вида  $h$  на внутрихозяйственные нужды;



$D_h$  – максимальное количество корма вида  $h$  покупного;

$\bar{M}_j; M_j$  – минимальный и максимальный размеры отрасли вида  $j$ ;

$P_i$  – план продажи товарной продукции вида  $i$ ;

$a_{ij}$  – расход  $i$ -го вида сельскохозяйственных угодий на единицу  $j$ -й отрасли;

$b_{ij}$  – количество трудовых ресурсов вида  $i$  на единицу отрасли вида  $j$ ;

$W_{hj}^{\min}, W_{hj}^{\max}$  – соответственно минимальный и максимальный расходы  $h$ -го вида корма  $j$ -му виду животного;

$W_{ij}$  – расход  $i$ -го вида питательного вещества на единицу  $j$ -й отрасли;

$K_{ih}$  – коэффициент, обозначающий расход  $i$ -го вида питательного вещества в единице  $h$ -го корма ;

$d_{hj}, d_{ij}$  – выход  $h$ -го вида корма или же  $i$ -го вида продукции с единицы отрасли  $j$ ;

$c_i$  – затраты денежных средств на единицу привлеченного труда  $i$ ;

$c_h$  – стоимость единицы покупного корма вида  $h$ ;

$p_{ij}$  – стоимость единицы  $i$ -го вида товарной продукции, полученной с отрасли  $j$ .

На основании введенных групп условных обозначений задачи составим *группы ограничений*:

1) по использованию сельскохозяйственных угодий. Площадь посева культур не должна превышать наличия земельных угодий:

$$\sum_{j \in J_1} a_{ij} x_j \leq A_i, i \in I_0; \quad (8)$$

2) по использованию трудовых ресурсов. Сумма затрат труда на ведение хозяйства не должна превышать суммарного наличия труда в хозяйстве:

$$\sum_{j \in J_0} b_{ij} x_j \leq B_i + x_i, i \in I_1; \quad (9)$$

3) по балансу основных видов кормов:

$$\sum_{j \in J_2} W_{hj}^{\min} x_j + \sum_{j \in J_2} x_{hj} \leq \sum_{j \in J_1} d_{hj} x_j + x_h - W_h, h \in H_4; \quad (10)$$

4) по балансу покупных кормов, кормов животного происхождения и побочных кормов:

$$\sum_{j \in J_2} W_{hj}^{\min} x_j + \sum_{j \in J_2} x_{hj} = x_h, h \in H_2; \quad (11)$$

5) по производству побочных кормов:

$$x'_h \leq \sum_{j \in J_1} d_{hj} x_j - W_h, h \in H_3; \quad (12)$$

6) по количеству покупных кормов:

$$x_h \leq D_h, h \in H_1; \quad (13)$$

7) ограничение на скользящую переменную:

$$x_{hj} \leq (W_{hj}^{\max} - W_{hj}^{\min}) x_j, h \in H_0, j \in J_2; \quad (14)$$

8) по балансу питательных веществ:

$$\sum_{j \in J_2} W_{ij} x_j \leq \sum_{h \in H_4} \sum_{j \in J_1} d_{hj} x_j k_{ih} + \sum_{h \in H_2} x_h k_{ih} - \sum_{h \in H_0} W_{hj} k_{ih}, i \in I_2; \quad (15)$$

9) ограничения по содержанию питательных веществ в добавках кормов для определенных групп животных:

$$(W_{ij} - \sum_{h \in H_0} W_{hj}^{\min} k_{ih}) x_j \leq \sum_{h \in H_0} x_{hj} k_{ih}, i \in I_2, j \in J_2; \quad (16)$$

10) технологические ограничения по размерам отраслей:

$$\bar{M}_j \leq x_j \leq M_j, j \in J_0; \quad (17)$$

11) по производству товарной продукции:

$$\sum_{j \in J_0} d_{ij} x_j = P_i + x_{ir}, i \in I_3; \quad (18)$$

12) по неотрицательности переменных:

$$\{x_j; x_h; x_{hj}; x_i\} \geq 0. \quad (19)$$

В конечном итоге после учета всех ограничений целевая функция (максимальная выручка) имеет вид:

$$F_{\max} = \sum_{i \in I_3} \sum_{j \in J_0} p_{ij} d_{ij} x_j + \sum_{i \in I_3} \sum_{j \in J_0} 0,2 p_{ij} x_{ir} - \sum_{i \in I_1} c_i x_i - \sum_{h \in H_1} c_h x_h \rightarrow \max. \quad (20)$$

### Пример 1

Составить основные группы ограничений экономико-математической модели по оптимизации прогнозной программы развития сельскохозяйственной организации.

Критерий оптимальности – максимум прибыли от реализации продукции.

Исходная информация:

1. В хозяйстве могут получить развитие сельскохозяйственные культуры и отрасли: озимые зерновые, яровые зерновые, зернобобовые, кукуруза на зерно, сахарная свекла, силосные, корнеплоды, многолетние травы на сено, сенаж, зеленый корм, молочное и мясное скотоводство. Имеются сенокосы для получения сена и сенажа. Производственные ресурсы предприятия представлены в табл. 24.

Таблица 24

Производственные ресурсы предприятия

Ресурсы	Прогноз
Пашня, га	3 323
Сенокосы, га	945
Отработано в сельскохозяйственном производстве, чел.-ч	619 000

2. Урожайность сельскохозяйственных культур, распределение продукции, полученной с 1 га, затраты труда на единицу измерения отрасли представлены в табл. 25.

Таблица 25

Параметры развития отраслей растениеводства

Культура	Урожайность, ц/га	В том числе			Затраты труда	
		на корм	семена	товарная продукция	годовые	в напряженный период
Зерновые и бобовые:						
озимые зерновые	71,30	7,13	3,00	61,17	48,11	21,65
яровые зерновые	68,40	34,20	3,00	31,20	29,38	13,22
зерно-бобовые	64,50	61,50	3,00		20,07	9,03
Кукуруза на зерно	136,40	72,02	3,00	61,38	54,28	24,43
Сахарная свекла	505,94			505,94	47,00	30,55
Многолетние травы:						
на сено	76,51	76,51			30,58	13,76
сенаж	189,37	189,37			20,35	9,16
зеленый корм	344,30	344,30			4,74	2,13
Однолетние травы на зеленый корм	266,69	266,69			8,13	3,66
Кукуруза на силос	432,39	432,39			15,08	6,79
Сенокосы:						
на сено	92,00	92,00			46,34	20,85
сенаж	230,00	230,00			32,59	14,676

3. Продуктивность сельскохозяйственных животных и другие показатели развития животноводства, содержание питательных веществ в 1 ц корма, предельные нормы скармливания кормов представлены в табл. 26–28.

Таблица 26

Параметры развития отраслей животноводства

Вид животных	Продуктивность, ц/г	Расход ц к. ед. на 1 ц продукции	Расход на 1 гол., ц к. ед.	Расход на 1 гол., ц п. п.	Затраты труда на 1 гол., чел.-ч	Затраты труда на 1 гол. в напряженный период, чел.-ч
Коровы	63,57	0,956	60,77	6,38	124,74	41,16
Молодняк КРС	671	8,82	21,59	2,20	34,20	11,29

Таблица 27

Содержание питательных веществ в 1 ц корма

Вид корма	Содержится	
	к. ед., ц	п. п., ц
Концентраты	1,0	0,105
Силос	0,2	0,014
Корнеплоды	0,12	0,009
Картофель	0,3	0,01
Зеленый и пастбищный корм	0,19	0,021
Сено	0,45	0,053
Сенаж	0,28	0,033
Солома	0,25	0,011
Молоко	0,3	0,033

Таблица 28

Предельные нормы скармливания кормов

Вид корма	На среднегодовую корову		На голову молодняка КРС	
	не менее	не более	не менее	не более
Концентраты	15,893	25,428	4,888	8,048
Силос	12,714	44,499	5,400	8,640

Вид корма	На среднегодовую корову		На голову молодняка КРС	
	не менее	не более	не менее	не более
Зеленый корм	59,071	81,785	21,599	32,399
Сено	12,714	38,142	7,560	9,720
Сенаж	25,428	63,570	4,320	10,800
Солома	1,573	2,517	–	–
к. ед.	42,893	85,460	14,683	23,330
п. п.	4,617	9,160	1,586	2,520

4. Договорные поставки составят 75 % от всего объема реализации товарной продукции, при этом молоко, сахарная свекла, рапс, лен поставляются только государству (табл. 29).

Таблица 29

## Договорные поставки продукции, ц

Вид продукции	Объем продукции	В том числе договорные поставки
Зерно	73 063	54 797
в том числе:		
кукуруза на зерно	16 415	12 311
Сахарная свекла	200 495	200 495
Мясо КРС	4 851	3 638
Молоко	64 288	64 288

5. Технологические ограничения по размерам отраслей представлены в табл. 30.

Таблица 30

## Технологические ограничения по размерам отраслей, %

Отрасль	Удельный вес	Размер отрасли	
		минимальный	максимальный
Зерновые	От площади пашни	40,0	60,0
Сахарная свекла			12,0

Отрасль	Удельный вес	Размер отрасли	
		минимальный	максимальный
Озимые зерновые	От площади зерновых	25,0	40,0
Яровые зерновые		40,0	60,0
Зернобобовые		7,0	10,0
По всем видам животных	От фактического поголовья	95,0	110,0

6. Себестоимость и цены реализации за 1 ц продукции представлены в табл. 31. Цены реализации продукции на рынке на 25 % выше государственных закупочных цен.

Таблица 31

Себестоимость и цены реализации за 1 ц продукции

Вид товарной продукции	Себестоимость, руб./ц	Цена государству, руб./ц
Зерно	12,51	18,29
Кукуруза на зерно	16,74	19,06
Сахарная свекла	2,66	3,95
Мясо КРС	153,62	208,02
Молоко	26,21	31,52

### **Методика выполнения**

Введем неизвестные переменные:

- x1 – озимые зерновые, га;
- x2 – яровые зерновые, га;
- x3 – зернобобовые, га;
- x4 – кукуруза и зерно, га;
- x5 – сахарная свекла, га;
- x6 – многолетние травы на сено, га;
- x7 – многолетние травы на сенаж, га;
- x8 – многолетние травы на зеленый корм, га;
- x9 – однолетние травы на зеленый корм, га;
- x10 – кукуруза на силос, га;
- x11 – сенокосы на сено, га;

- x12 – сенокосы на сенаж, га;
  - x13 – поголовье коров, голов;
  - x14 – поголовье молодняка КРС, голов;
  - x15 – привлеченный труд, чел.-ч.;
  - x16 – СКП для коров по концентратам, ц;
  - x17 – СКП для коров по силосу, ц;
  - x18 – СКП для коров по зеленому корму, ц;
  - x19 – СКП для коров по сене, ц;
  - x20 – СКП для коров по сенажу, ц;
  - x21 – СКП для коров по соломе, ц;
  - x22 – СКП для молодняка КРС по концентратам, ц;
  - x23 – СКП для молодняка КРС по силосу, ц;
  - x24 – СКП для молодняка КРС по зеленому корму, ц;
  - x25 – СКП для молодняка КРС по сене, ц;
  - x26 – СКП для молодняка КРС по сенажу, ц;
  - x27 – потребность в соломе, ц;
  - x28 – покупка зерна на концентраты, ц;
  - x29 – рыночный фонд зерна, ц;
  - x30 – рыночный фонд мяса (говядины), ц.
- Составим ограничения развернутой ЭММ.

*1 группа ограничений*

по использованию пашни:

$$x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 + x10 = 3\ 323;$$

по использованию сенокосов:

$$x11 + x12 = 945.$$

*2 группа ограничений:*

по использованию годового труда:

$$48,11 \cdot x1 + 29,38 \cdot x2 + 20,07 \cdot x3 + 54,28 \cdot x4 + 47,00 \cdot x5 + 30,58 \cdot x6 + 20,35 \cdot x7 + 4,74 \cdot x8 + 8,13 \cdot x9 + 15,08 \cdot x10 + 46,34 \cdot x11 + 32,59 \cdot x12 + 124,74 \cdot x13 + 34,20 \cdot x14 \leq 619\ 000 + x15;$$

по использованию труда в напряженный период:

$$21,65 \cdot x1 + 13,22 \cdot x2 + 9,03 \cdot x3 + 24,43 \cdot x4 + 30,55 \cdot x5 + 13,76 \cdot x6 + 9,16 \cdot x7 + 2,13 \cdot x8 + 3,66 \cdot x9 + 6,79 \cdot x10 + 20,85 \cdot x11 + 14,67 \cdot x12 + 41,16 \cdot x13 + 11,29 \cdot x14 \leq 278\ 550 + x15;$$

по использованию привлеченного труда:

$$x15 \leq 30\ 950.$$



*3 группа ограничений:*

по балансу концентратов:

$$15,893 \cdot x_{13} + 4,888 \cdot x_{14} + x_{16} + x_{22} \leq 7,13 \cdot x_1 + 34,20 \cdot x_2 + 61,50 \cdot x_3 + 72,02 \cdot x_4 + x_{28};$$

по балансу силоса:

$$12,714 \cdot x_{13} + 5,400 \cdot x_{14} + x_{17} + x_{23} \leq 432,39 \cdot x_{10};$$

по балансу зеленого корма:

$$59,071 \cdot x_{13} + 21,599 \cdot x_{14} + x_{18} + x_{24} \leq 344,3 \cdot x_8 + 266,69 \cdot x_9;$$

ПО балансу сена:

$$12,714 \cdot x_{13} + 7,560 \cdot x_{14} + x_{19} + x_{25} \leq 76,51 \cdot x_6 + 92 \cdot x_{11};$$

по балансу сенажа:

$$25,428 \cdot x_{13} + 4,320 \cdot x_{14} + x_{20} + x_{26} \leq 189,37 \cdot x_7 + 230 \cdot x_{12};$$

по балансу соломы:

$$x_{27} \leq 12 \cdot x_1 + 13 \cdot x_2;$$

по потребности в соломе на корм:

$$1,573 \cdot x_{13} + x_{21} = x_{27};$$

по покупке зерна:

$$x_{28} \leq 160.$$

*4 группа ограничений:*

СКП по концентратам для коров:  $x_{16} \leq (25,428 - 15,893) x_{13}$ ;

СКП по силосу для коров:  $x_{17} \leq (44,499 - 12,714) x_{13}$ ;

СКП по зеленому корму для коров:  $x_{18} \leq (81,785 - 59,071) x_{13}$ ;

СКП по селу для коров:  $x_{19} \leq (38,142 - 12,714) x_{13}$ ;

СКП по сенажу для коров:  $x_{20} \leq (63,570 - 25,428) x_{13}$ ;

СКП по соломе для коров:  $x_{21} \leq (2,517 - 1,573) x_{13}$ ;

СКП по концентратам для молодняка КРС:

$$x_{22} \leq (8,048 - 4,888) x_{14};$$

СКП по силосу для молодняка КРС:  $x_{23} \leq (8,640 - 5,400) x_{14}$ ;

СКП по зеленому корму для молодняка КРС:

$$x_{24} \leq (32,399 - 21,599) \cdot x_{14};$$

СКП по селу для молодняка КРС:  $x_{25} \leq (9,720 - 7,560) x_{14}$ ;

СКП по сенажу для молодняка КРС:  $x_{26} \leq (10,800 - 4,320) x_{14}$ .

*5 группа ограничений:*

по балансу к. ед.:

$$60,77 \cdot x_{13} + 21,59 \cdot x_{14} \leq 1,00 \cdot (7,13 \cdot x_1 + 34,20 \cdot x_2 + 61,50 \cdot x_3 + 72,02 \cdot x_4 + x_{28}) + 0,20 (432,39 \cdot x_{10}) + 0,19 (344,30 \cdot x_8 +$$

$$+ 266,69 \cdot x_9) + 0,45 (76,51 \cdot x_6 + 92,00 \cdot x_{11}) + 0,28 (189,37 \cdot x_7 + 230,00 \cdot x_{12}) + 0,25 \cdot x_{27};$$

по балансу п. п.:

$$6,38 \cdot x_{13} + 2,2 \cdot x_{14} \leq 0,105 (7,13 \cdot x_1 + 34,20 \cdot x_2 + 61,50 \cdot x_3 + 72,02 \cdot x_4 + x_{28}) + 0,014 (432,39 \cdot x_{10}) + 0,021 (344,30 \cdot x_8 + 266,69 \cdot x_9) + 0,053 (76,51 \cdot x_6 + 92,00 \cdot x_{11}) + 0,033 (189,37 \cdot x_7 + 230,00 \cdot x_{12}) + 0,011 \cdot x_{27}.$$

#### *6 группа ограничений:*

к. ед. для коров:

$$(60,77 - 42,893) \cdot x_{13} \leq 1,00 \cdot x_{16} + 0,20 \cdot x_{17} + 0,19 \cdot x_{18} + 0,45 \times x_{19} + 0,28 \cdot x_{20} + 0,25 \cdot x_{21};$$

к. ед. для молодняка КРС:

$$(21,59 - 14,683) \cdot x_{14} \leq 1,00 \cdot x_{22} + 0,20 \cdot x_{23} + 0,19 \cdot x_{24} + 0,45 \times x_{25} + 0,28 \cdot x_{26};$$

п. п. для коров:

$$(6,38 - 4,617) \cdot x_{13} \leq 0,105 \cdot x_{16} + 0,014 \cdot x_{17} + 0,021 \cdot x_{18} \times 0,053 \cdot x_{19} + 0,033 \cdot x_{20} + 0,011 \cdot x_{21};$$

п. п. для молодняка КРС:

$$(2,2 - 1,586) \cdot x_{14} \leq 0,105 \cdot x_{22} + 0,014 \cdot x_{23} + 0,021 \cdot x_{24} + 0,053 \cdot x_{25} + 0,033 \cdot x_{26}.$$

#### *7 группа ограничений:*

по минимальной площади зерновых:  $x_1 + x_2 + x_3 \geq 1\ 329$ ;

по максимальной площади зерновых:  $x_1 + x_2 + x_3 \leq 1\ 994$ ;

по минимальной площади озимых зерновых:

$$x_1 \geq 0,25 (x_1 + x_2 + x_3);$$

по максимальной площади озимых зерновых:

$$x_1 \leq 0,40 (x_1 + x_2 + x_3);$$

по минимальной площади яровых зерновых:

$$x_2 \geq 0,40 (x_1 + x_2 + x_3);$$

по максимальной площади яровых зерновых:

$$x_2 \leq 0,50 (x_1 + x_2 + x_3);$$

по минимальной площади зернобобовых:  $x_3 \geq 0,07 (x_1 + x_2 + x_3)$ ;

по максимальной площади зернобобовых:  $x_3 \leq 0,10 (x_1 + x_2 + x_3)$ ;

по минимальному поголовью коров:  $x_{13} \geq 1164$ ;

по максимальному поголовью коров:  $x_{13} \leq 1348$ ;

по минимальному поголовью молодняка КРС:  $x_{14} \geq 1959$ ;

по максимальному поголовью молодняка КРС:  $x_{14} \leq 2268$ ;

по максимальной площади трудоемких культур:  $x_5 \leq 399$ ;  
по максимальной площади кукурузы на зерно:  $x_4 \leq 294$ .

*8 группа ограничений:*

реализация зерна:  $61,17 \cdot x_1 + 31,20 \cdot x_2 + 61,38 \cdot x_4 = 54\,797 + x_{29}$ ;  
реализация говядины:  $2,45 \cdot x_{14} = 3\,638 + x_{30}$ ;  
реализация молока:  $63,57 \cdot x_{13} \geq 64\,288$ ;  
реализация сахарной свеклы:  $505,94 \cdot x_5 \geq 200\,495$ .

*Целевая функция:*

по стоимости товарной продукции:

$$F_{\max} = 61,17 \cdot 18,29 \cdot x_1 + 31,20 \cdot 18,29 \cdot x_2 + 61,38 \cdot 19,06 \cdot x_4 + 505,94 \cdot 3,95 \cdot x_5 + 63,57 \cdot 31,52 \cdot x_{13} + 2,45 \cdot 208,02 \cdot x_{14} + 0,25 \cdot 18,29 \cdot x_{29} + 0,25 \cdot 208,02 \cdot x_{30} - 18,29 \cdot 1,1 \cdot x_{28} - 3,5 \cdot x_{15};$$

по прибыли от реализации товарной продукции:

$$F_{\max} = 61,17 \cdot (18,29 - 12,51) \cdot x_1 + 31,20 \cdot (18,29 - 12,51) \cdot x_2 + 61,38 \cdot (19,06 - 16,74) \cdot x_4 + 505,94 \cdot (3,95 - 2,66) \cdot x_5 + 63,57 \cdot (31,52 - 26,21) \cdot x_{13} + 2,45 \cdot (208,02 - 153,62) \cdot x_{14} + 0,25 \cdot 18,29 \cdot x_{29} + 0,25 \cdot 208,02 \cdot x_{30} - 18,29 \cdot 1,1 \cdot x_{28} - 3,5 \cdot x_{15}.$$

**Пример 2**

Пример решения экономико-математической задачи оптимизации программы развития сельскохозяйственной организации по данным годовой отчетности (прилож. 2) приведен в прилож. 3.

**Задания**

**Задание 1.** Составьте ограничения экономико-математической модели развития сельскохозяйственной организации с целью получения максимума стоимости товарной продукции.

Исходные данные:

- Ресурсы хозяйства: пашня – 1700 га, пастбища – 115 га. Труд годовой – 5400 чел.-ч.
- В хозяйстве получили развитие зерновые, сахарная свекла, многолетние травы на сенаж и поголовье коров (фактическое поголовье 990 гол., допускается 5%-ное отклонение в любую сторону).
- Технологические ограничения: зерновые – от 40 до 60 % от площади пашни. Площадь трудоемких культур – не более 12 % от площади пашни.
- Показатели отраслей представлены в табл. 32.

Показатели отраслей

Вид отрасли	Ед. изм.	Урожайность, ц/га				Цена реализации государству, усл. д. ед./ц	Загробы груга, чел.-ч на 1 га (1 гол.)
		Всего	В том числе				
			корм	товарная продукция	семена		
Зерновые продовольственные	га	37	3	31	3	18	25
Сахарная свекла	га	352	–	352	–	4	345
Многолетние травы на сенаж	га	123	123	–	–		17
Пастбища на сенаж	га	77	77	–	–		27
<i>Молочное стадо</i>	ц					22	135

- В расчете на 1 гол. будет произведен 41 ц молока. Расход питательных веществ на единицу продукции: на 1 ц молока – 1,15 ц к. ед.
- Расход кормов на 1 гол.:  
концентраты: min – 10, max – 15;  
сенаж: min – 15, max – 38.
- Договорные поставки, ц: зерно – 5000, сахарная свекла – 11 200, молоко – 25 030.
- Рыночная надбавка – 20 %.

*Справочная информация о содержании в 1 ц корма к. ед. и п. п.:*

концентраты: к. ед. – 1,00, п. п. – 0,105;

сенаж: к. ед. – 0,28, п. п. – 0,033.

**Задание 2.** Составьте ограничения экономико-математической модели развития сельскохозяйственной организации с целью получения максимума стоимости товарной продукции.

Исходные данные:

- Ресурсы хозяйства: пашня – 1450 га. Сенокосы – 138 га. Труд годовой – 8400 чел.-ч.

- В хозяйстве получили развитие зерновые, рапс, картофель, многолетние травы на сено и поголовье коров (фактическое поголовье – 640 гол.). Допускается 5%-е отклонение в любую сторону.

- Возможна покупка концентратов (до 150 ц) по цене 19 усл. д. ед./ц.

- Технологические ограничения: зерновые – от 35 до 60 % от площади пашни.

Показатели отраслей представлены в табл. 33.

Таблица 33

Показатели отраслей

Вид отрасли	Ед. изм.	Урожайность, ц/га				Цена реализации государству, усл. д. ед./ц	Затраты труда, чел.-ч на 1 га (1 гол.)
		Всего	В том числе				
			корм	товар	семена		
Зерновые продовольственные	га	44	3	38	3	16	27
Рапс	га	9	–	9	–	18	28
Картофель	га	225	105	80	40	28	178
Многолетние травы на сено	га	38	38	–	–		29
Сенокосы на сено	га	43	43	–	–		24
Молочное стадо	ц					23	145

В расчете на 1 гол. будет произведено 39 ц молока. Расход питательных веществ на единицу продукции: на 1 ц молока – 1,1 ц к. ед., переваримого протеина на 1 ц к. ед. – 0,105 ц.

- Расход кормов на 1 гол.:

- концентраты: min – 8; max – 12;

- картофель: min – 0; max – 6;

- сено: min – 6,5; max – 20.

- Договорные поставки, ц:

- зерно – 5000;

- рапс – 530;

картофель – 3200;

молоко – 26 000.

• Рыночная надбавка – 20 %.

*Справочная информация о содержании в 1 ц корма к. ед. и п. п.:*

концентраты: к. ед. – 1; п. п. – 0,105;

картофель: к. ед. – 0,3; п. п. – 0,01;

сено: к. ед. – 0,45; п. п. – 0,053.

Практическое занятие № 8  
**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОКУПАЕМОСТИ  
МАТЕРИАЛЬНО-ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ,  
НАПРАВЛЕННЫХ НА УВЕЛИЧЕНИЕ  
РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

*Цель занятия – освоение методики оценки окупаемости материально-денежных средств, направленных на увеличение ресурсного обеспечения сельскохозяйственной организации, на основе вычисления двойственных оценок.*

**Теоретические сведения**

Реализация направления развития связана, чаще всего, с инвестированием множества отраслей, производств и технологий, поэтому имеется необходимость детализировать очередность инвестиций, чтобы сократить сроки их окупаемости.

Затраты средств на приобретение ресурсов, обновление технологий и другие цели будем сравнивать с результатами от их использования в условиях конкретного хозяйства. Однако в каждом хозяйстве, в силу взаимозаменяемости ресурсов и различий в технологии, результативность производства и объем отдельных ресурсов, необходимых для получения единицы продукции, а также окупаемость издержек производства будут неодинаковыми.

Необходимо обеспечить, в первую очередь, *высокую окупаемость лимитированных и незаменимых ресурсов.*

Инструментом объективной оценки эффективности издержек производства, сформированных за счет инвестиций в ресурсы и т. д.,

являются двойственные, или объективно обусловленные, оценки (о. о. о.). Двойственные оценки, рассчитанные по регионам, есть оптимальные цены на ресурсы в условиях равновесия спроса и предложения.

Ненулевые двойственные оценки имеют ресурсы, которые лимитированы, но не избыточны. Если ресурс избыточен, то он замораживает денежные средства предприятия и имеет нулевую двойственную оценку, хотя хозяйственная ценность этого ресурса для хозяйств, испытывающих потребность в нем, значительна. При изменении технологии, ценовых и других характеристик возможно изменение роли подобного ресурса, и в этом случае его запасы могут быть полностью использованы, а двойственная оценка примет ненулевое значение.

Двойственные оценки имеют ту же единицу измерения, что и целевая функция. Отсюда – целевая функция задачи, на основе которой определяем двойственные оценки, должна отвечать целям работы хозяйств в условиях самокупаемости и самофинансирования.

Двойственные оценки получаем при решении как обычной, прямой задачи, так и при решении специальной, двойственной, или транспонированной. Однако при составлении и решении прямой задачи главная цель – в определении значений переменных задач. Поэтому ограничения задачи составляем таким образом, чтобы количественно описать все условия, оказывающие влияние на функционирование каждой переменной, обозначающей отрасли и др.

### ***Пример***

Найти размеры отраслей, обеспечивающих максимум прибыли.

Отрасли следующие:

x1 – зерновые, га;

x2 – картофель, га;

x3 – многолетние травы, га;

x4 – поголовье коров, гол.

### ***Методика выполнения***

*Ограничения:*

по использованию пашни, га:

$$x_1 + x_2 + x_3 \leq 1050;$$

по использованию годового труда, чел.-дн.:

$$10 \cdot x_1 + 30 \cdot x_2 + 6,5 \cdot x_3 + 20 \cdot x_4 \leq 24\ 000;$$

по использованию труда в напряженный период (май–сентябрь), чел.-дн.:

$$8 \cdot x_1 + 21 \cdot x_2 + 6,5 \cdot x_3 + 5 \cdot x_4 \leq 12\ 000;$$

по производству и использованию кормов, ц. к. ед.:

$$50 \cdot x_4 \leq 6000 + 20 \cdot x_1 + 30 \cdot x_2 + 30 \cdot x_3;$$

по площади картофеля:

$$x_2 < 150.$$

$$F_{\max} = 500 \cdot x_1 + 1160 \cdot x_2 + 1200 \cdot x_4;$$

$u_1$  – оценка 1 га пашни, усл. д. ед.;

$u_2$  – оценка 1 чел.-ч труда годового, усл. д. ед.;

$u_3$  – оценка 1 чел.-ч труда в напряженный период, усл. д. ед.;

$u_4$  – оценка 1 ц к. ед., усл. д. ед.;

$u_5$  – оценка 1 га посева картофеля, усл. д. ед.;

$u_1$  – означает, на сколько усл. д. ед. возрастет прибыль, если площадь пашни возрастет на 1 га;

$u_5$  – означает, на сколько усл. д. ед. возрастет прибыль, если площадь картофеля увеличится на 1 га, и т. д.

*Двойственная задача:*

$$1 \cdot u_1 + 10 \cdot u_2 + 8 \cdot u_3 - 20 \cdot u_4 \geq 500.$$

Смысловое содержание ограничения в следующем: оценка 1 га пашни, которая требуется на возделывание 1 га зерновых, плюс оценка 10 чел.-дн. годового труда, необходимых для возделывания 1 га зерновых, плюс оценка 8 чел.-дн. труда, используемого в напряженный период, минус оценка 20 ц к. ед., которые получаем с 1 га зерновых, должны быть не менее 500 усл. д. ед.

$$2 \cdot u_1 + 30 \cdot u_2 + 21 \cdot u_3 - 30 \cdot u_4 + 1 \cdot u_5 \geq 1160.$$

$$3 \cdot u_1 + 6,5 \cdot u_2 + 6,5 \cdot u_3 - 30 \cdot u_4 \geq 0.$$

$$4 \cdot u_2 + 5 \cdot u_3 + 50 \cdot u_4 \geq 1200.$$

$$5 \cdot u_1 : 5 \geq 0.$$

$$F_{\min} = 1050 \cdot u_1 + 24000 \cdot u_2 + 12000 \cdot u_3 + 60 \cdot u_4 + 150 \cdot u_5.$$

Задачу решаем обычным симплекс-методом. В результате решения получаем следующие значения (табл. 34).

Таблица 34

Значения, полученные в результате решения задачи симплекс-методом

Базисные переменные	Свободные члены, $B_1$	Небазисные переменные				
		$y_2$	$y_1$	$u_3$	$y_5$	$u_5$
$u_2$	37,5	-0,042	0,042	0,58	-0,008	0,042
$u_1$	305	0,75	-1,75	-4,5	-0,25	-0,75
$y_3$	278	-0,02	-0,98	0,8	0,2	0,02
$u_4$	39,3	0,017	-0,017	-0,14	-0,017	-0,017
$F_{\min}$	127 4250	-112,5	-937,5	-275	-562,5	-37,5



Данные таблицы свидетельствуют, что в условиях рассматриваемого предприятия лимитированными являются первый, второй и четвертый ресурсы ( $u_1, u_2, u_4 > 0$ ), в то время как третий ресурс (запасы труда в напряженный период) является избыточным, а возможная площадь посева картофеля не используется полностью, и поэтому  $u_3, u_5 = 0$ .

Значения двойственных оценок свидетельствуют, что при увеличении площади пашни на 1 га, годового труда на 1 чел.-день, кормов на 1 ц к. ед. прибыль предприятия, соответственно, возрастает на 305,0; 37,5 и 39,3 усл. д. ед.

Двойственные оценки позволяют сделать вывод о ценности отдельных ресурсов отдельных предприятий.

Допустим, что в условиях хозяйства себестоимость ц к. ед. составляет 19,65 усл. д. ед. при  $u_4 = 39,3$ , то получается, что срок окупаемости вложений в кормопроизводство составляет 0,5 года (т. е.  $19,65 : 39,3 = 0,5$ ).

Методика оценки окупаемости издержек по наращиванию ресурсов труда состоит в следующем:

- определяем суммарные затраты по привлечению среднегодового рабочего;
- рассчитываем срок окупаемости дополнительных издержек.

Допустим, что эти издержки составят в расчете на 1 чел.-день 72,0 усл. д. ед., а прибыль, согласно решению, составляет 37,5 усл. д. ед. на 1 чел.-день. В этом случае срок окупаемости составит 1,92 года ( $72,0 : 37,5 = 1,92$ ).

Таким образом, двойственные оценки позволяют обосновать очередность окупаемости издержек в рассматриваемом хозяйстве: в начале – в развитии кормопроизводства, затем – в наращивании ресурсов труда.

## Задания

**Задание 1.** Определите приоритеты инвестирования, если в результате решения двойственной экономико-математической задачи двойственные оценки, обозначающие прибыль, следующие, усл. д. ед.:

I.  $u_1$  – пашня, 1 га – 660,0;

$u_2$  – труд, чел.-ч – 2,9;

$u_3$  – корма, ц. к. ед. – 36,9;

$u_4$  – основные производственные фонды (ОПФ), 1 усл. д. ед. – 0,19.

II. Материально-денежные затраты для получения единицы ресурсов, усл. д. ед.:

А) 1 га пашни – 1750;

Б) 1 чел.-день – 48,5;

В) затраты на 1 ц к. ед. кормов в среднем – 18,2;

Г) для увеличения стоимости ОПФ на 1 усл. д. ед. требуется 1,2 усл. д. ед.

**Задание 2.** Определите приоритеты инвестирования, если в результате решения двойственной экономико-математической задачи двойственные оценки, обозначающие прибыль, следующие, усл. д. ед.:

I.  $u_1$  – пашня, 1 га – 640,0;

$u_2$  – труд, чел.-ч – 3,6;

$u_3$  – корма, ц. к. ед. – 34,8;

$u_4$  – ОПФ, 1 усл. д. ед. – 0,16.

II. Материально-денежные затраты для получения единицы ресурсов, усл. д. ед.:

А) 1 га пашни – 1800;

Б) 1 чел.-день – 56,1;

В) затраты на 1 ц к. ед. кормов в среднем – 24,3;

Г) для увеличения стоимости ОПФ на 1 усл. д. ед. требуется 1,15 усл. д. ед.

### Практическое занятие № 9

## **МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КРИТЕРИЯ ОПТИМАЛЬНОСТИ**

*Цель занятия – освоение методов количественной оценки качественных признаков при формировании критерия оптимальности.*

### **Теоретические сведения**

Количественно и качественно цели отражаются с помощью критериев и ключевых показателей оценки конечных результатов. Чтобы сформулировать измеримые цели, необходимо принять управленческое решение, основывающееся на количественной и качественной информации, собранной в результате анализа

исходных данных и ее оценки с точки зрения содержания цели. Весьма важное условие правильного формирования альтернатив решений и выбора наиболее предпочтительной альтернативы – определение ограничений и формулировка критериев принятия решения.

Ограничения варьируются и зависят от ситуации и конкретных руководителей.

Кроме ограничений, руководителю необходимо определить стандарты, по которым предстоит оценивать альтернативные варианты выбора, т. е. должна быть определена мера сравнения альтернатив. Такими критериями могут быть:

- прибыль от реализации товаров и услуг;
- качество продукции;
- оптовая цена;
- сроки исполнения заказа;
- имидж предприятия;
- дополнительные услуги.

Необходимо учитывать приоритет критерия, так как от этого также зависит выбор решения.

Моделирование состояния объекта – это перевод его основных характеристик на язык символов, в первую очередь, чисел (показателей). В каждом определении модели находит отражение наиболее важное свойство объекта или его особенность. Модель должна отражать те свойства объекта, которые следует изучать и моделировать.

Для приведения оценок по различным критериям к единой форме и получения обобщенной оценки объекта используются следующие основные методы:

1. Переход от оценок различного вида к экспертным оценкам. Они могут указываться в виде балльных оценок, в долях единицы, в виде парных сравнений и т. д. Примером перехода к экспертным оценкам (в виде парных) является метод анализа иерархий.

2. Для сравнений числовых оценок обычно выполняется переход к оценкам, имеющим значения от 0 до 1 и направленных на максимум (т. е. оценок, имеющих смысл «чем больше, тем лучше»). Обычно лучшей оценке по критерию соответствует значение 1. Пример – метод комплексной оценки.

3. Для словесных оценок выполняется переход к числовой форме по следующим правилам: оценке «отлично» соответствуют числовые значения от 0,8 до 1; «хорошо» – от 0,63 до 0,8;

«удовлетворительно» – от 0,37 до 0,63; «плохо» – от 0,2 до 0,37; «очень плохо» – от 0 до 0,2. Числовая оценка выставляется человеком (экспертом), исходя из его субъективных суждений. Например, если по некоторому критерию два объекта имеют оценку «хорошо», но один из них очень хороший, а другой – немного хуже, то первому (лучшему) можно назначить оценку 0,8, а второму – 0,7. Пример – метод комплексной оценки.

4. Для оценок, имеющих вид «да–нет», используются следующие числовые значения: «да» – 0,67; «нет» – 0,33 (если по смыслу задачи оценка «да» нежелательна, то ей соответствует оценка 0,33, а «нет» – 0,67) или же могут быть числовые значения: «да» – 1; «нет» – 0.

Результатом сравнения объектов должна быть некоторая упорядоченная их последовательность, располагающая объекты в порядке их предпочтения.

Для каждого объекта рассчитывается некоторая обобщенная оценка, в которой учитываются оценки по всем критериям.

По принципу приведения оценок объектов к единой оценке можно выделить следующие классы методов:

- Методы на основе выбора главного критерия. То есть выбирается один основной (главный) критерий, а на остальные критерии, как правило, накладываются ограничения.

- Методы на основе компенсации критериев. Принцип работы этих методов состоит в том, что от эксперта требуется указать, какая величина выигрыша по одному критерию компенсирует определенный (заданный) проигрыш по другому критерию.

- Методы на основе вычисления обобщенных оценок (обобщенного критерия). Принцип работы этих методов состоит в вычислении обобщенной оценки для каждого из объектов на основе их оценок по отдельным критериям. Достоинство – небольшой объем информации, требуемый от эксперта. Методы нашли широкое применение и реализованы во многих программных продуктах.

- Методы на основе попарного сравнения объектов. При использовании таких методов для каждой пары объектов определяется оценка превосходства одного объекта над другим; эта оценка может непосредственно указываться человеком или вычисляться на основе оценок по отдельным критериям. Такие методы обладают следующими достоинствами: возможность полного учета суждений

эксперта об объектах; возможность использования оценок любых видов (и качественных, и количественных). Основным недостатком методов этого класса – необходимость большого количества парных сравнений, т. е. большой объем работы для человека (эксперта).

**Пример**

Предприятие предполагает приобрести технологическую линию.

По мнению руководства, наиболее важными критериями являются:

- 1) производительность;
- 2) стоимость;
- 3) удобство в эксплуатации;
- 4) гарантийный срок.

Перечисленные критерии ранжированы по степени важности.

Характеристики технологических линий (ТЛ) представлены в табл. 35.

Таблица 35

Характеристики технологических линий

Критерии	ТЛ1	ТЛ2	ТЛ3	ТЛ4	ТЛ5	ТЛ6	ТЛ7
1. Производительность (изделий/ч)	40	45	48	35	50	32	43
2. Удобство в эксплуатации	Удовл.	Отл.	Отл.	Хор.	Отл.	Хор.	Хор.
3. Гарантийный срок (лет)	5	3	4	4	5	3	3
4. Стоимость (тыс. усл. д. ед.)	220	240	300	150	320	160	200

**Методика выполнения**

1. Выбирается лучшая альтернатива по самому важному критерию – «производительность»: вариант ТЛ5.

Пусть лицо, принимающее решение (ЛПР), считает допустимым снижение производительности для улучшения характеристик по другим критериям не более, чем на 10 изд./ч. Таким образом, допускается уступка по критерию «производительность», равная 10 изд./ч. Допустимыми являются альтернативы, отстающие от лучшей ТЛ5 не более, чем на 10 изд./ч.: ТЛ1, ТЛ2, ТЛ3, ТЛ7, ТЛ5.

2. Выбираем лучший вариант по критерию «стоимость» из числа вариантов, допустимых по критерию «производительность»: вариант ТЛ7. Пусть ЛПР считает допустимым увеличение стоимости не более, чем на 100 тыс. усл. д. ед.

Допустимыми являются варианты: ТЛ1, ТЛ2, ТЛ3, ТЛ7.

3. Выбираем лучший вариант по критерию «удобство в эксплуатации» из числа вариантов, допустимых по предыдущим критериям. Таких вариантов два: ТЛ2 и ТЛ3. Пусть ЛПР считает допустимым ухудшение оценки по критерию «удобство в эксплуатации» не ниже, чем до уровня «хорошо». Допустимыми являются варианты: ТЛ2, ТЛ3, ТЛ7.

4. Выбираем лучший вариант по критерию «гарантийный срок» из числа вариантов, допустимых по предыдущим критериям: вариант ТЛ3.

Таким образом, наиболее рациональным решением для предприятия будет приобретение технологической линии ТЛ3.

### Задания

**Задание 1.** Использовать методику расчета параметров корреляционной модели с количественной оценкой влияния качественного признака.

Построить многофакторную КМ формирования среднегодовой продуктивности коров в зависимости от расхода кормов на 1 гол. КРС, обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином и породы животного. Основные показатели формирования продуктивности коров представлены в табл. 36.

Таблица 36

Основные показатели формирования продуктивности коров

Среднегодовая продуктивность коров, ц	Расход кормов на 1 гол., ц к. ед.	Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином, 1 г на 1 кг к. ед.	Принадлежность к породному скоту, «да» или «нет»
1	2	3	4
45,0	38,9	80	Да
34,8	39,7	95	Нет
54,5	54,3	102	Да
41,7	40,9	85	Да
42,4	40,1	100	Да

1	2	3	4
37,2	35,5	88	Нет
37,3	41,1	76	Нет
40,7	42,1	78	Нет
46,5	52,9	94	Да
43,9	51,3	90	Да
38,3	43,4	82	Нет
48,5	51,0	84	Да
47,3	51,0	81	Да
35,8	40,7	86	Нет
36,5	34,7	93	Нет
37,5	46,1	102	Нет
43,4	48,5	101	Да
30,7	39,5	99	Нет
41,9	43,7	86	Да
41,1	39,6	92	Да
36,0	35,1	80	Нет

На основе приведенной информации необходимо:

1. Дать количественную характеристику принадлежности животного к породе. Для этого вводим два значения: единицу, если животное принадлежит к породному скоту, нуль – если не принадлежит.

2. Дать экономическую интерпретацию влияния на продуктивность животного количественных факторов и качественного признака.

3. Сравнить фактические и расчетные значения результативного показателя.

**Задание 2.** Задача использования ресурсов сельскохозяйственных организаций: необходимая для решения исходная информация, определение параметров, построение экономико-математической модели. Цель – максимум дохода.

Исходные данные:

- Ресурсы хозяйства: пашня – 1700 га, пастбища – 120 га. Труд годовой – 6200. Возможно привлечение труда до 590 чел.-ч с затратами 3,9 усл. д. ед. за чел.-ч.

- В хозяйстве получили развитие зерновые, сахарная свекла, многолетние травы на сенаж и поголовье коров (фактическое поголовье 900 голов, допускается 7 % отклонение в любую сторону).

• Технологические ограничения: зерновые – от 40 % до 60 % от площади пашни. Площадь гороха – от 7 % до 10 % от площади зерновых. Площадь трудоемких культур – не более 12 % от площади пашни. Показатели отраслей представлены в таблице 37.

Таблица 37

Показатели отраслей

Вид отрасли	Ед. измерения	Урожайность, ц/га				Цена реализации государству, усл. д. ед./ц	Загрты труда, чел.-ч на 1 га (1 гол.)
		Всего	В том числе				
			корм	товарная продукция	семена		
Зерновые продовольственные	га	49	3	43	3	16	26
Горох на фураж	га	15	15	–	–	–	17
Сахарная свекла	га	347	–	347	–	4	351
Многолетние травы на сенаж	га	138	138	–	–	–	17,5
Пастбища на сенаж	га	79	79	–	–	–	25
<i>Молочное стадо</i>	ц					21	140

• Расход кормовых единиц на 1 корову составит 44 ц к. ед. Расход переваримого протеина на 1 ц к. ед. – 0,105 ц. По составленной выше КМ спрогнозируйте ожидаемую среднегодовую продуктивность коров в хозяйстве, если животные принадлежит к породному скоту.

- Расход кормов на 1 голову:  
концентраты: min – 10, max – 15;  
сенаж: min – 16, max – 37.

- Договорные поставки:  
зерно – 5000,  
сахарная свекла – 11 400,  
молоко – 21 100.

- Рыночная надбавка – 15 %.

*Справочная информация о содержании в 1 ц корма к. ед. и п. п.:*

- концентраты: к. ед. – 1,00, п. п. – 0,105;  
сенаж: к. ед. – 0,28, п. п. – 0,033.



Лабораторная работа № 1  
**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОНОМИКЕ  
И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В АПК**

*Цель работы – выбор оптимальных альтернатив развития предприятий АПК при принятии управленческих решений на основе экономико-математического моделирования.*

### **Теоретические сведения**

Экономико-математическое моделирование – это описание экономических процессов и явлений в виде экономико-математических моделей.

Экономико-математическая модель – математическое описание экономического процесса или объекта, произведенное в целях их исследования и управления ими.

Наиболее эффективным инструментом обоснования прогнозных исследований по объектам АПК, функционирующим в зависимости от множества динамичных и одновременно действующих факторов и параметров производства, является экономико-математическое моделирование.

Экономический прогноз на основе экономико-математического моделирования есть имитация, количественная и качественная интерпретация закономерностей развития объекта с учетом его внутренних, сложившихся, наиболее вероятных будущих особенностей и внешних воздействий для достижения важнейших для коллектива объекта и общества целей хозяйствования.

Экономический прогноз базируется на следующих основополагающих особенностях:

- выявляет и количественно оценивает проявление устойчивых закономерностей;

- обосновывает наличие новых, в т. ч. слабо выраженных социально-экономических явлений, оказывающих влияние на объект (процесс, явление, объект), и наиболее вероятные направления их развития и способы воздействия на результаты деятельности;

- по данным за предшествующие годы (периоды), количественно оценивает изменения во времени характеристик объекта,

что является объективной основой для моделирования их количественных и качественных параметров на прогнозируемый период;

– выявляет на основе экономико-математических методов и моделей принадлежность объектов к характерным группам и конкретизирует особенности проявления закономерностей и новых социально-экономических явлений в экономике;

– на основе изменения параметров объектов прогнозирования, принадлежащих к характерным группам, обосновывает сроки перехода объектов в следующие, более высокие по качественным характеристикам, группы, с более устойчивыми проявлениями закономерностей.

Изложенные особенности экономического прогнозирования на основе *экономико-математического моделирования* соответствуют задачам поиска вариантов эффективного хозяйствования, учитывающих внутренние возможности объекта и внешние условия его деятельности.

Сложность многих задач принятия решений связана с наличием нескольких противоречивых целей, что при *математическом моделировании* порождает оптимизационную задачу со многими критериями, которая в общем виде может быть сформулирована следующим образом:  $f(x) = (f_1(x), \dots, f_m(x)) \rightarrow \max$ , где  $x = (x_1, \dots, x_n)$ ,  $x \in X$ ,  $X \subset R^n$ .

Множество  $X$  допустимых вариантов (допустимых решений) является областью  $n$ -мерного пространства  $R^n$ , называемого пространством альтернатив. Отвечающие точкам  $x \in X$  значения вектора  $f(x)$  образуют в  $m$ -мерном критериальном пространстве множество  $F \subset R^m$ .

Рассмотрим двухкритериальную задачу оптимизации.

Допустимое решение  $x'' \in X$  называется эффективной точкой (точкой Парето), если не существует других допустимых решений  $x'$ , таких, что  $f'$  доминирует над  $f''$ .

Таким образом, множество Парето представляет собой множество альтернатив, которые обладают следующим свойством: любая из альтернатив, входящая в множество Парето, хотя бы по одному из критериев лучше любой другой альтернативы, входящей в это множество. Выбор множества Парето производится

следующим образом: все альтернативы сравниваются попарно по всем критериям. Если при сравнении каких-либо двух альтернатив  $A_i$  и  $A_j$  оказывается, что одна из них, например,  $A_i$  не лучше другой  $A_j$  ни по одному из критериев, то ее можно исключить из рассмотрения. Выбор множества Парето не обеспечивает принятия окончательного решения, но позволяет сократить количество рассматриваемых альтернатив, что упростит процесс принятия решения.

### **Пример**

Мясокомбинат планирует внедрить комплекс средств автоматизации (КСА) для системы управления технологическими процессами. Имеется возможность выбрать один из семи вариантов КСА: КСА1, КСА2, ..., КСА7. при выборе учитываются четыре критерия: затраты, связанные с изготовлением КСА и его вводом в эксплуатацию; срок ввода КСА в эксплуатацию; срок гарантийного обслуживания предприятием-изготовителем; удобство КСА в эксплуатации. Характеристики КСА приведены в табл. 38. Выбрать множество Парето.

Таблица 38

Характеристики КСА

Критерии	Датчики						
	КСА1	КСА2	КСА3	КСА4	КСА5	КСА6	КСА7
Затраты, усл. д. ед.	40	30	40	60	45	25	55
Срок ввода в эксплуатацию, мес.	8	8	6	6	7	8	6
Срок гарантийного обслуживания, лет	4	4	5	7	4	4	5
Удобство в эксплуатации	Хор.	Отл.	Удовл.	Отл.	Плохо	Очень хор.	Хор.

### **Методика выполнения**

Выполним попарное сравнение альтернатив по всем критериям.

Сравниваем КСА1 и КСА2. По критерию «затраты» лучше КСА2, по критериям «срок ввода в эксплуатацию» и «срок

гарантийного обслуживания» эти КСА одинаковы. По критерию «удобство в эксплуатации» лучше КСА2. Таким образом, ни по одному критерию КСА1 не лучше, чем КСА2. Альтернатива КСА1 исключается из рассмотрения, так как она явно не лучшая. Сравнить другие альтернативы с КСА1 не требуется.

Сравниваем КСА2 и КСА3. По критериям «затраты» и «удобство в эксплуатации» лучше КСА2, по критериям «срок ввода в эксплуатацию» и «срок гарантийного обслуживания» – КСА3. Таким образом, ни одна из альтернатив не исключается, так как по одним критериям лучше КСА2, а по другим – КСА3.

Сравнение КСА2 с последующими альтернативами КСА4, ..., КСА7 дает тот же результат. Ни одна из альтернатив не исключается.

Сравниваем КСА3 и КСА4. По критерию «затраты» лучше КСА3, по критериям «срок гарантийного обслуживания» и «удобство в эксплуатации» – КСА4, по критерию «срок ввода в эксплуатацию» – одинаковы. Ни одна из альтернатив не исключается.

Сравниваем КСА3 и КСА5. По всем критериям КСА3 лучше. Таким образом, КСА5 можно исключить из рассмотрения.

Сравнение КСА3 с КСА6 и КСА7 не позволяет исключить какую-либо альтернативу из рассмотрения.

Сравниваем КСА4 и КСА6. По критерию «затраты» лучше КСА6, по остальным критериям – КСА4. Ни одна из альтернатив не исключается.

Сравнение КСА4 и КСА7 не позволяет исключить какую-либо альтернативу.

Сравниваем КСА6 и КСА7. По критериям «затраты» и «удобство в эксплуатации» лучше КСА6, по критериям «срок гарантийного обслуживания» и «срок ввода в эксплуатацию» – КСА7. Ни одна из альтернатив не исключается.

Таким образом, множество Парето составляют следующие альтернативы: КСА2, КСА3, КСА4, КСА6, КСА7.

### **Задания**

**Задание.** Предприятию требуется приобрести датчики для использования в составе автоматизированной системы управления технологическим процессом. Имеется возможность приобрести датчики одного из шести типов. Характеристики датчиков приведены в табл. 39.

Характеристики датчиков

Критерии	Датчики					
	1	2	3	4	5	6
Стоимость, усл. д. ед.	1600	1600	2000	6000	2100	1800
Наработка на отказ, ч	3200	500	4000	6500	5000	3500
Условия технического обслуживания	Удовл.	Удовл.	Отл.	Очень хор.	Хор.	Отл.
Точность, количество отсчетов	3600	2500	5000	5000	4000	3500

Выделить множество Парето.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения об особенностях АПК как объекта экономико-математического моделирования.
3. Краткое описание эффективных точек (множества Парето) при решении оптимизационных задач со многими критериями. Анализ полученных результатов парного сравнения альтернатив по всем критериям.
4. Выводы.

Лабораторная работа № 2  
**ПРОБЛЕМНЫЕ СИТУАЦИИ В АПК.  
 ВЫБОР РЕШЕНИЯ МЕТОДОМ  
 ЛИНЕЙНОЙ КОМБИНАЦИИ ЧАСТНЫХ КРИТЕРИЕВ**

*Цель работы – решение проблемной ситуации в АПК с помощью метода линейной комбинации частных критериев.*

### Теоретические сведения

В методах, основанных на свертывании критериев, из локальных критериев формируется один. Наиболее распространенным является метод линейной комбинации частных критериев.

Пусть задан вектор весовых коэффициентов критериев  $\alpha_k = \{ \alpha_1, \dots, \alpha_k \}$ , характеризующих важность соответствующего критерия, где

$$\sum_{k=1}^K \alpha_k = 1, \alpha_k \geq 0, k = \overline{1, K}. \quad (21)$$

Линейная скаляризованная функция представляет собой сумму частных критериев, умноженных на весовые коэффициенты. Задача математического программирования становится однокритериальной и имеет вид:

$$F = \sum_{k=1}^K \alpha_k f_k(x) \rightarrow \max,$$
$$g_i(x) \leq b_i, i = \overline{1, M},$$
$$x \geq 0. \quad (22)$$

Критерии в свертке могут быть нормированы. Решение, полученное в результате оптимизации скаляризованного критерия эффективно.

К недостаткам метода можно отнести то, что малым приращениям коэффициентов соответствуют большие приращения функции, т. е. решение задачи неустойчиво, а также необходимость определения весовых коэффициентов.

### **Пример**

Проблемная ситуация: «Совершенствование управления автотранспортом».

Производственное объединение молочной промышленности ежегодно получает с 46 приемных пунктов и обрабатывает на 34 молочных заводах около 400 тыс. т молока. В объединении имеются 300 автомобилей для перевозки молока – автомолцистерны (АМЦ). Летом интенсивность поступления молока от сельского хозяйства в восемь раз больше, чем зимой. Поэтому каждой зимой

автотранспорт – АМЦ недоиспользуется, что ухудшает его производственно-экономические показатели и приводит к текучести кадров – водителей.

Множество целей Ц включает:

Ц1 – минимизация простоев АМЦ (0,33);

Ц2 – сохранение водительского состава, уменьшение текучести кадров (0,33);

Ц3 – повышение эффективности работы АМЦ, занятых перевозкой молока в зимний период (0,17);

Ц4 – обеспечение наивысшей технической готовности парка АМЦ к предстоящему летнему сезону (0,17).

Множество ограничений включает следующие положения: трудовой кодекс гарантирует водителям работу с оплатой, несмотря на их вынужденный простой в зимний период из-за отсутствия молока; директивно установлено количество АМЦ, которые можно зимой переоборудовать в грузовики; фонд зарплаты по объединению на эксплуатацию автотранспорта в межсезонный период ограничен из-за малого объема перевозок; фонды на бензин, смазочные масла и резину в межсезонный период из-за малого объема перевозок также ограничены.

Множество альтернативных вариантов решения У включает:

У1 – все свободные в межсезонье автомашины с водителями передать в аренду предприятиям на этот период;

У2 – предоставить водителям простаивающих зимой АМЦ очередные отпуска, отгулы, привлекать их к ремонту автомашин;

У3 – переоборудовать установленное количество АМЦ в грузовики и до начала сезона использовать их в новом качестве;

У4 – использовать водителей простаивающих зимой АМЦ на различных видах ремонта общезаводского оборудования, зданий.

Выбрать оптимальное решение.

#### **Методика выполнения**

Проранжируем каждый альтернативный вариант решения по степени достижения каждой цели. Ранг 1 присваивается варианту решения, который в наибольшей степени соответствует достижению цели; ранг 2 – следующему за ним и т. д.

Результаты ранжирования приведены в табл. 40.

## Результаты ранжирования

Варианты	Цели			
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4
У1	1	1	1	4
У2	3	1	3	1
У3	2	2	2	3
У4	4	3	4	2
Вес цели:	0,33	0,33	0,17	0,17

Определим обобщенную оценку каждой альтернативы, для чего умножим соответствующие значения рангов и весов:

$$У1 = 1 \cdot 0,33 + 1 \cdot 0,33 + 1 \cdot 0,17 + 4 \cdot 0,17 = 1,51;$$

$$У2 = 2,00;$$

$$У3 = 2,17;$$

$$У4 = 3,33.$$

Выберем в качестве наилучшего решения то, которое получит минимальную оценку. По принципу Парето, наилучшим является также решение У1.

### Задания

**Задание.** Проблемная ситуация: «Ввод мощностей мясопереработки».

Генеральной схемой развития и размещения мясной и молочной промышленности предусмотрено, что в одной из областей необходимо к концу 2021 г. увеличить производственные мощности мясопереработки на 100 т в смену за счет строительства нового объекта. Это обеспечит, начиная с 2022 г., переработку заданного количества мяса в живом весе.

Поставленную задачу увеличения мощностей можно решить путем строительства либо одного мясокомбината мощностью 100 т в смену, либо двух мясокомбинатов – по 50 т в смену каждый.

Технико-экономические показатели вариантов нового строительства приведены в табл. 41.



Таблица 41

## Технико-экономические показатели вариантов нового строительства

Показатели	Варианты строительства			
	Строительство мясокомбината мощностью 100 т в сме- ну 2018– 2021 гг.	Строительство двух мясокомбинатов мощностью по 50 т в смену каждый		
		Оба комбината строятся в 2018–2020 гг.	Один мясокомбинат строится в 2018–2020 гг., другой – в 2019–2021 гг.	Оба комбината строятся в 2019–2021 гг.
Капитальные вложения (производст- венное строи- тельство), млн руб.	100	111,2	111,2	111,2
Численность работающих всего, чел.	100	151	140	128
Окупаемость капитальных вложений с учетом временного лага на про- ектирование, строительство, освоение мощности, лет	7	5,3	5,3	5,3

Множество целей Ц включает:

- Ц1 – обеспечение плана переработки мяса в заданном объеме (0,1);
- Ц2 – обеспечение минимума капитальных вложений в новое строительство (0,3);
- Ц3 – достижение наименьшей численности работающих (0,2);
- Ц4 – обеспечение наименьшего срока окупаемости капитальных вложений с учетом временного лага (0,4).

Множество альтернативных вариантов решения У включает:  
У1 – построить в 2018–2021 гг. один мясокомбинат мощностью 100 т в смену;

У2 – построить в 2018–2020 гг. два мясокомбината мощностью по 50 т в смену каждый;

У3 – построить в 2018–2020 гг. мясокомбинат мощностью 50 т в смену, а в 2019–2021 гг. построить второй мясокомбинат такой же мощности;

У4 – построить в 2019–2021 гг. два мясокомбината мощностью по 50 т в смену каждый.

Необходимо выбрать наилучший вариант ввода производственных мощностей мясопереработки.

### **Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Общие сведения о методе линейной комбинации частных критериев.
3. Краткое описание результатов решения проблемной ситуации методом линейной комбинации частных критериев. Анализ полученных численных значений обобщенных оценок альтернатив.
4. Выводы.

### **Лабораторная работа № 3 РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

*Цель работы – освоение методики расчета изменений параметров экономической системы в результате возмущающего воздействия (фактора внешней среды) на конечный (исследуемый) элемент.*

### **Теоретические сведения**

Между элементами системы часто нет непосредственной связи, а существует цепочка взаимодействий, разнообразных промежуточных связей, что делает связь между изучаемыми элементами опосредованной.

Особую трудность для экономиста представляют изменения в замкнутых цепочках, создающих непрерывный цикл изменений, называемый *петлей*.

*Открытым путем* между возмущающим воздействием и некоторым элементом системы  $V$  называется последовательность связей, начинающаяся от возмущающего воздействия и заканчивающаяся в элементе  $V$ .

При этом движение вдоль открытого пути осуществляется только по направлению стрелок, обозначающих связи, и ни один элемент, входящий в открытый путь, не пересекается более одного раза.

Предполагается, что никакое первоначальное изменение в системе не может быть самопроизвольным и всегда бывает вызвано внешним возмущающим воздействием. Элемент системы, в котором произошло начальное изменение, называется *начальным элементом*.

Если причина начального изменения неизвестна, то может быть введено фиктивное возмущающее воздействие, связь которого с начальным элементом характеризуется структурным коэффициентом, равным 1. Размерность фиктивного возмущающего воздействия принимается такой же, как размерность начального элемента.

*Эффект открытого пути* – произведение всех структурных коэффициентов вдоль открытого пути. Обычно обозначается буквой  $E$ .

*Эффект петли* – произведение структурных коэффициентов при однократном перемещении вдоль петли. Обычно обозначается буквой  $L$ .

Если петля содержит хотя бы один элемент, входящий в некоторый открытый путь, то принято говорить, что она *касается* этого открытого пути.

Если две петли содержат хотя бы один общий элемент, то принято говорить, что они *касаются* друг друга.

*Полный эффект влияния* возмущающего воздействия на конечный элемент – суммарное, окончательное изменение элемента, которое произойдет к моменту восстановления стабильного, равновесного состояния в системе.

Всю совокупность петель, оказывающих влияние на изменение конечного элемента, называют *релевантной обратной связью*.

Каждая петля, захваченная касаниями, входит в релевантную обратную связь.

Рассмотрим задачу расчета изменений конечного элемента  $V$  в общем виде.

Предположим, что между возмущающим воздействием  $U$  и конечным элементом  $V$  имеется  $n$  открытых путей и  $m$  петель, составляющих релевантную обратную связь. Тогда изменение элемента  $V$  определяется по формуле (23):

$$V = \left[ \frac{(E_1 + E_2 + \dots + E_n)(1 - L_1)(1 - L_2) \dots (1 - L_m)}{(1 - L_1)(1 - L_2) \dots (1 - L_m)} \right]^* U, \quad (23)$$

где  $E_1, E_2, \dots, E_n$  – эффекты первого, второго, ...,  $n$ -го открытого пути между  $U$  и конечным элементом  $V$ ;

$L_1, L_2, \dots, L_m$  – эффекты первой, второй,  $m$ -й петли, входящей в релевантную обратную связь;

$[ ]^*$  – оператор вычеркивания, который устанавливает необычный порядок действий, производимых с выражением, которое расположено внутри этого оператора, а именно: сначала и в числителе, и в знаменателе производится перемножение, затем и в числителе, и в знаменателе вычеркиваются те из полученных произведений, которые содержат касающиеся пути, и только после этого производится деление того, что осталось в числителе на то, что осталось в знаменателе;

$U$  – величина возмущающего воздействия.

Полученное число будет составлять эффект влияния возмущающего воздействия  $U$  на конечный элемент  $V$ .

### **Пример**

Составить структурную схему микроэкономической системы с элементами: 1 – качество продукции; 2 – качество сырья; 3 – прибыль; 4 – цена; 5 – спрос; 6 – годовой объем производства; 7 – себестоимость.

Структурные коэффициенты связей:  $a_{12} = 0,4$ ;  $a_{51} = 0,007$ ;  $a_{43} = 1$ ;  $a_{35} = 0,4$ ;  $a_{54} = -0,1$ ;  $a_{56} = -1$ ;  $a_{65} = 0,8$ ;  $a_{76} = -0,06$ ;  $a_{47} = 1$ ;  $a_{72} = 0,02$ .

Для повышения конкурентоспособности продукции предприятие увеличивает расходы на приобретение сырья. Качество сырья оценивается теперь на 10 баллов выше.

*Определить:* насколько следует увеличить объем ежегодно производимой продукции, исходя из ожидаемого увеличения спроса на нее.

**Методика выполнения**

Рассмотрим простейшую микроэкономическую систему (рис. 4).

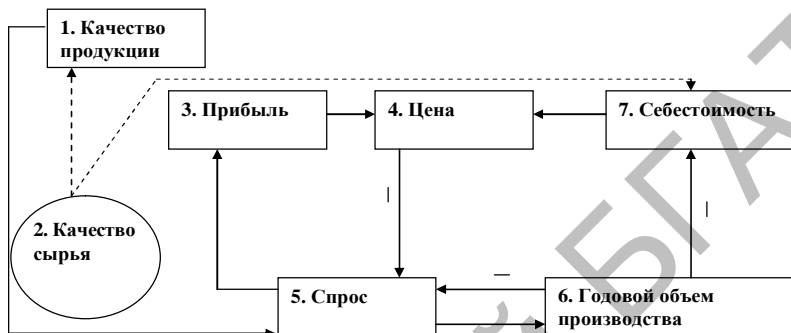


Рис. 4. Структурная схема элементарной микроэкономической системы

Исходным возмущающим воздействием в нашей структурной схеме является качество сырья (элемент 2). Обозначим возмущающее воздействие  $\Delta U$ .

Особенность данной системы состоит в том, что возмущающее воздействие в ней направлено не на один начальный элемент, а на два (№ 1 и № 7). Поэтому расчет полного эффекта влияния необходимо проводить в виде двух слагаемых, из которых одно характеризует изменение конечного элемента при возмущающем воздействии, направленном на начальный элемент 1, а второе – изменение конечного элемента при том же возмущающем воздействии, направленном на начальный элемент 7.

Необходимо определить, как под влиянием повышения качества сырья изменяется объем производства (элемент 6)  $\Delta V$  единиц продукции/один потенциальный потребитель.

Найдем все открытые пути с конечным элементом 6.

Первый открытый путь: 2-1-5-6. Эффект этого открытого пути:

$$E_{v1} = a_{12} \cdot a_{51} \cdot a_{65} = 0,4 \cdot 0,007 \cdot 0,8 = 0,00224.$$

Второй открытый путь: 2-7-4-5-6. Эффект этого открытого пути:

$$E_{v2} = a_{72} \cdot a_{47} \cdot a_{54} \cdot a_{65} = 0,02 \cdot 1 \cdot (-0,1) \cdot 0,8 = -0,0016.$$

Все три имеющиеся в нашей структурной схеме петли касаются друг друга и открытых путей, составляя, таким образом, релевантную обратную связь.

Первая петля: 3-4-5-3. Эффект этой петли:

$$L_1 = a_{43} \cdot a_{54} \cdot a_{35} = 1 \cdot (-0,1) \cdot 0,4 = -0,04.$$

Вторая петля: 5-6-5. Эффект этой петли:

$$L_2 = a_{65} \cdot a_{56} = 0,8 \cdot (-1) = -0,8.$$

Третья петля: 4-5-6-7-4. Эффект этой петли:

$$L_3 = a_{54} \cdot a_{65} \cdot a_{76} \cdot a_{47} = (-0,1) \cdot 0,8 \cdot (-0,06) \cdot 1 = 0,0048.$$

Полный эффект влияния для конечного элемента 6 (объем производства) составит:

$$\Delta V = \Delta U \left[ \frac{E_{v1}(1-L_1)(1-L_2)(1-L_3)}{(1-L_1)(1-L_2)(1-L_3)} \right]^* + \Delta U \left[ \frac{E_{v2}(1-L_1)(1-L_2)(1-L_3)}{(1-L_1)(1-L_2)(1-L_3)} \right]^*.$$

Перемножив и в числителе, и в знаменателе скобки, мы получим произведения касающихся петель и путей, которые в соответствии с правилами оператора вычеркивания будут изъяты. Окончательный результат будет иметь вид:

$$\Delta V = \Delta U \left[ \frac{E_{v1} + E_{v2}}{1 - L_1 - L_2 - L_3} \right] = 10 (0,00224 - 0,0016) : (1 + 0,04 + 0,8 - 0,0048) = 0,0035$$

единиц продукции/один потенциальный потребитель.

## Задания

**Задание 1.** Составить структурную схему микроэкономической системе с элементами: 1 – качество продукции; 2 – качество сырья; 3 – прибыль; 4 – цена; 5 – спрос; 6 – годовой объем производства; 7 – себестоимость.

Структурные коэффициенты связей:  $a_{12} = 0,3$ ;  $a_{51} = 0,006$ ;  $a_{43} = 1$ ;  $a_{35} = 0,4$ ;  $a_{54} = -0,1$ ;  $a_{56} = -1$ ;  $a_{65} = 0,8$ ;  $a_{76} = -0,06$ ;  $a_{47} = 1$ ;  $a_{72} = 0,02$ .

Для повышения конкурентоспособности продукции предприятие увеличивает расходы на приобретение сырья. Качество сырья оценивается теперь на 10 баллов выше. Число потенциальных потребителей  $N = 10^5$ . Объем производства до начала применения сырья повышенного качества составляет  $Va_0 = 10^4$  ед. продукции.

*Определить:* на какую дополнительную прибыль от реализации единицы своей продукции может рассчитывать данное предприятие.

**Задание 2.** Составить структурную схему микроэкономической системы с элементами: 1 – качество продукции; 2 – качество сырья; 3 – прибыль; 4 – цена; 5 – спрос; 6 – годовой объем производства; 7 – себестоимость.

Структурные коэффициенты связей:  $a_{12} = 0,3$ ;  $a_{51} = 0,006$ ;  $a_{43} = 1$ ;  $a_{35} = 0,4$ ;  $a_{54} = -0,1$ ;  $a_{56} = -1$ ;  $a_{65} = 0,8$ ;  $a_{76} = -0,06$ ;  $a_{47} = 1$ ;  $a_{72} = 0,02$ .

Для повышения конкурентоспособности продукции предприятие увеличивает расходы на приобретение сырья. Качество сырья оценивается теперь на 10 баллов выше. Число потенциальных потребителей  $N = 10^5$ . Объем производства до начала применения сырья повышенного качества составляет  $Va_0 = 10^4$  ед. продукции.

*Определить:* насколько должна увеличиться оптово-отпускная цена на каждую единицу продукции.

**Задание 3.** Составить структурную схему микроэкономической системы с элементами: 1 – качество продукции; 2 – качество сырья; 3 – прибыль; 4 – цена; 5 – спрос; 6 – годовой объем производства; 7 – себестоимость.

Структурные коэффициенты связей:  $a_{12} = 0,3$ ;  $a_{51} = 0,006$ ;  $a_{43} = 1$ ;  $a_{35} = 0,4$ ;  $a_{54} = -0,1$ ;  $a_{56} = -1$ ;  $a_{65} = 0,8$ ;  $a_{76} = -0,06$ ;  $a_{47} = 1$ ;  $a_{72} = 0,02$ .

Для повышения конкурентоспособности продукции предприятие увеличивает расходы на приобретение сырья. Качество сырья оценивается теперь на 10 баллов выше. Число потенциальных потребителей  $N = 10^5$ . Объем производства до начала применения сырья повышенного качества составляет  $Va_0 = 10^4$  ед. продукции.

*Определить:* насколько следует увеличить объем ежегодно производимой продукции, исходя из ожидаемого увеличения спроса на нее.

**Задание 4.** Составить структурную схему микроэкономической системы с элементами: 2 – прибыль; 3 – цена; 4 – спрос; 5 – себестоимость; 6 – годовой объем производства. Число потенциальных потребителей  $N = 10^5$ . Толчком, приводящим систему в действие, является возмущающее воздействие  $U = 0,1$  (фактор 1), индуцирующее спрос  $S = 0,1$  ед. продукции/один потенциальный потребитель.

Структурные коэффициенты связей:  $a_{41} = 1$ ;  $a_{24} = 0,4$ ;  $a_{43} = -0,1$ ;  $a_{35} = 1$ ;  $a_{64} = 0,8$ ;  $a_{46} = -1$ ;  $a_{56} = -0,06$ ;  $a_{32} = 0,02$ .

*Определить:* какой объем производства следует запланировать при составлении первоначального бизнес-плана.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о методике расчета изменений параметров экономической системы в результате возмущающего воздействия фактора внешней среды.
3. Краткое описание результатов оценки полного эффекта влияния возмущающего воздействия на конечный элемент системы.
4. Выводы.

## Лабораторная работа № 4 **ОБОСНОВАНИЕ ПРОГНОЗНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

*Цель работы – освоение методики обоснования прогнозных экономических показателей на основе теории нечетких множеств.*

### Теоретические сведения

Для многих систем давно существуют весьма точные модели, помогающие провести процесс моделирования без обращения к натуральному эксперименту. Такой подход связан с введением лингвистических переменных, описывающих неточное отражение человеком окружающего мира. Один из способов задания множества – с помощью характеристической функции, определяемой следующим образом. Пусть  $U$  – универсальное множество, из элементов которого образованы все остальные множества. Характеристическая функция множества  $A \subseteq U$  – это функция  $\mu_A$ , значения которой показывают, является ли  $x \in U$  элементом множества  $A$ :  $\mu_A = 1$ , если  $x \in A$ ;  $\mu_A = 0$ , если  $x \notin A$ .

Особенностью этой функции является ее бинарный характер: 1 или 0. С точки зрения характеристической функции, нечеткие



множества являются естественным обобщением обычных множеств, когда отказываемся от бинарного характера этой функции. В теории нечетких множеств характеристическая функция называется функцией принадлежности, а ее значение  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  – степенью принадлежности элемента  $x$  нечеткому множеству  $\tilde{A}$ .

Пусть  $X$  – произвольное непустое множество.

Нечетким подмножеством  $\tilde{A}$  множества  $X$  называется совокупность пар вида:  $\tilde{A} = \{(x; \mu_{\tilde{A}}(x))\}, \forall x \in X$ , где  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  – функция принадлежности нечеткому подмножеству  $\tilde{A}$ ,  $X$  – базовое множество.

Функция принадлежности носит субъективный характер, и уменьшить субъективность функции принадлежности можно, используя метод экспертных оценок.

Например: пусть  $X = \{a, b, c, d, e\}$ ,

$$\tilde{A} = \{(a; 0), (b; 0,1), (c; 0,5), (d; 0,9), (e; 1)\}.$$

Будем говорить тогда, что элемент  $a$  не принадлежит множеству  $\tilde{A}$ , элемент  $b$  принадлежит  $\tilde{A}$  в малой степени, элемент  $c$  принадлежит более или менее, элемент  $d$  принадлежит в значительной степени, элемент  $e$  является элементом  $\tilde{A}$ .

### ***Понятие нечеткого треугольного числа и арифметические операции с нечеткими треугольными числами***

Среди всех видов нечетких чисел наиболее изучены нечеткие треугольные числа (НТЧ). НТЧ  $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$  и определяется тремя величинами, где  $a_1$  – нижняя граница,  $a_3$  – верхняя граница,  $a_2$  соответствует наиболее вероятному значению нечеткого треугольного числа.

Использование НТЧ позволяет формализовать большое количество ситуаций прогнозирования количественных показателей.

Пусть даны два нечетких треугольных числа:

$$\tilde{A} = (a_1 + a_2 + a_3);$$

$$\tilde{B} = (b_1 + b_2 + b_3).$$

Над нечеткими треугольными числами осуществляют такие же арифметические операции, как и над обычными числами, но по определенным правилам:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3);$$

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1);$$

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a_1 \cdot b_1, a_2 \cdot b_2, a_3 \cdot b_3);$$

$$\frac{\tilde{A}}{\tilde{B}} = \left( \frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1} \right).$$

В результате проведения процедуры дефаззификации преобразуем нечеткое треугольное число в четкое число:

$$\bar{A} = \frac{a_1 + 2a_2 + a_3}{4}.$$

### **Пример 1**

При прогнозировании цены сбыта продукции предполагают, что цена будет не ниже 50 усл. д. ед., не выше 90 усл. д. ед., а наиболее возможное значение цены – 70 усл. д. ед.

#### **Методика выполнения**

Эти прогнозные величины определяет нечеткое треугольное число НТЧ  $\tilde{A} = (50, 70, 90)$ .

В результате проведения процедуры дефаззификации преобразуем нечеткое треугольное число в четкое число.

В результате прогнозного значения цены ожидается:  
 $(50 + 2 \cdot 70 + 90) : 4 = 70$  усл. д. ед.

### **Пример 2**

С помощью теории нечетких множеств произвести оценку персонала.

Пусть при выборе кандидата на должность экономиста выдвигается множество  $\xi$  квалификационных требований  $\xi = \{a, b, c, d, e, f\}$ ,

где  $a$  – возраст;

$b$  – стаж;

- c – образование;
- d – юридическая грамотность;
- e – умение работать с программным обеспечением;
- f – средний балл диплома.

Предположим, что на месте работы  $T$  все перечисленные качества имеют разную степень значимости и эти значения образуют нечеткое подмножество  $\mathcal{F}^{\%}$ :

	a	b	c	d	e	f
$\mathcal{F}^{\%}_{=}$	0,5	1	0,8	1	1	0,4

Имеется кандидат  $P$  на эту должность, и через усреднение оценок его возможностей получено следующее нечеткое множество  $\mathcal{P}^{\%}$ :

	a	b	c	d	e	f
$\mathcal{P}^{\%}_{=}$	0,8	1	0	0,4	0,7	0,3

#### **Методика выполнения**

Построим коэффициент адекватности рассматриваемого кандидата относительно каждого вида деятельности.

Если  $\mu_{\mathcal{P}^{\%}}(x) \geq \mu_{\mathcal{F}^{\%}}(x)$ , то  $K^{\mathcal{P}^{\%}}(x) = 1$ .

Если  $\mu_{\mathcal{P}^{\%}}(x) < \mu_{\mathcal{F}^{\%}}(x)$ , то  $K^{\mathcal{P}^{\%}}(x) = 1 - \mu_{\mathcal{F}^{\%}}(x) + \mu_{\mathcal{P}^{\%}}(x)$ .

$$K^{\mathcal{P}^{\%}} = \frac{1+1+(1-0,8+0)+(1-1+0,4)+(1-1+0,7)}{6} + \frac{(1-0,4+0,3)}{6} = 0,7.$$

Общий коэффициент адекватности кандидата определяется как сумма коэффициентов адекватности по каждому виду деятельности, деленная на мощность множества  $\xi$ , то есть число элементов в нем.

Чем больше значение коэффициента адекватности, тем лучше данный кандидат.

Существует и другой подход к оценке адекватности рассматриваемого кандидата, который можно реализовать с помощью расстояния Хэмминга  $\delta$ .

$$\delta = \frac{1}{|\xi|} \sum |\mu_{\#}(x) - \mu_{\#}(x)| = \frac{1}{6} (|0,8 - 0,5| + |1 - 1| + |0 - 0,8| + |0,4 - 1| + |0,7 - 1| + |0,3 - 0,4|) = 0,35.$$

Наиболее подходящим кандидатом является тот, который имеет наименьшее расстояние Хэмминга.

### Задания

**Задание 1.** Общие постоянные издержки при производстве продукции прогнозируются не менее 95 усл. д. ед.; не более 120 усл. д. ед.; наиболее возможное значение – 105 усл. д. ед. Переменные издержки на единицу продукции прогнозируются не менее 55 усл. д. ед.; не более 75 усл. д. ед.; наиболее возможное значение – 60 усл. д. ед. Цена единицы продукции прогнозируется не менее 65 усл. д. ед.; не более 85 усл. д. ед.; наиболее возможное значение – 70 усл. д. ед.

Определить объем безубыточных продаж с помощью теории нечетких множеств.

**Задание 2.** Пусть имеется контур компетенций для некоторого рабочего места:

	a	b	c	d	e	f
C=	0,8	1	0,5	1	1	0,6

Имеются 5 кандидатов, и через усреднение оценок возможностей каждого из них получены следующие нечеткие множества:

	a	b	c	d	e	f
A1=	0,8	1	0,3	0	0,7	1

	a	b	c	d	e	f
A2=	0,2	0,8	1	0,3	0,4	1

	a	b	c	d	e	f
A3=	0,8	0,1	0,5	0,1	0,9	0,6

	a	b	c	d	e	f
A4=	0,4	0,5	0,3	0	0,3	0,2

	a	b	c	d	e	f
A5=	1	0,9	0,5	0,6	0,8	0,4

Определить кандидата, наиболее подходящего для данного рабочего места, с помощью определения расстояния Хэмминга.

**Задание 3.** Пусть имеется контур компетенций для некоторого рабочего места:

	a	b	c	d	e	f
C=	0,8	1	0,6	0,8	1	0,7

Имеются 5 кандидатов, и через усреднение оценок возможностей каждого из них получены следующие нечеткие множества:

	a	b	c	d	e	f
A1=	0,7	1	0,4	0,2	0,5	0,9

	a	b	c	d	e	f
A2=	0,5	0,9	1	0,8	0,7	1

	a	b	c	d	e	f
A3=	0,6	0,4	0,8	0,3	1	0,7

	a	b	c	d	e	f
A4=	0,3	0,6	0,7	0,2	0,4	0,1

	a	b	c	d	e	f
A5=	1	0,8	0,7	0,5	0,9	0,3

Определить кандидата, наиболее подходящего для данного рабочего места, с помощью вычисления коэффициента адекватности.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о методике обоснования прогнозных экономических показателей на основе теории нечетких множеств.
3. Краткое описание результатов оценки прогнозных параметров на основе нечетких множеств с указанием полученных численных значений.
4. Выводы.

### Лабораторная работа № 5

## **ОЖИДАЕМАЯ ЦЕННОСТЬ ИНФОРМАЦИИ. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕРЕВА РЕШЕНИЙ**

*Целью работы – освоение методики выбора решений путем графического представления задачи в виде «дерева решений» и установления выигрышей (или проигрышей) для каждой возможной комбинации альтернатив и состояний среды.*

## Теоретические сведения

Процесс принятия решений с помощью дерева решений в общем случае предполагает выполнение следующих пяти этапов.

Этап 1. *Формулирование задачи.* Прежде всего, необходимо отбросить не относящиеся к проблеме факторы, а среди множества оставшихся выделить существенные и несущественные. Это позволит привести описание задачи принятия решения к поддающейся анализу форме. Должны быть выполнены следующие основные процедуры: определение возможностей сбора информации для экспериментирования и реальных действий; составление перечня событий, которые с определенной вероятностью могут произойти; установление временного порядка расположения событий, в исходах которых содержится полезная и доступная информация, и тех последовательных действий, которые можно предпринять.

Этап 2. *Построение дерева решений.*

Этап 3. *Оценка вероятностей состояний среды*, т. е. сопоставление шансов возникновения каждого конкретного события. Следует отметить, что указанные вероятности определяются либо на основании имеющейся статистики, либо экспертным путем.

Этап 4. *Установление выигрышей* (или *проигрышей*, как выигрышей со знаком минус) для каждой возможной комбинации альтернатив (действий) и состояний среды.

Этап 5. *Решение задачи.*

Прежде чем продемонстрировать процедуру применения дерева решений, введем ряд определений. В зависимости от отношения к риску решение задачи может выполняться с позиций так называемых «объективистов» и «субъективистов».

*Безусловным денежным эквивалентом* (БДЭ) игры называется максимальная сумма денег, которую лицо, принимающее решение (ЛПР), готово заплатить за участие в игре, или та минимальная сумма денег, за которую он готов отказаться от игры. Каждый индивид имеет свой БДЭ.

Индивида, для которого БДЭ совпадает с ожидаемой денежной оценкой (ОДО) игры, т. е. со средним выигрышем в игре, условно называют объективистом, индивида, для которого БДЭ не равно ОДО, – субъективистом. Ожидаемая денежная оценка рассчитывается как сумма произведений размеров выигрышей на вероятности этих выигрышей. Например, для лотереи ожидаемая денежная оценка  $ОДО = 0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 100 = 50$  усл. д. ед.

Если субъективист склонен к риску, то его  $БДЭ > ОДО$ . Если не склонен, то  $БДЭ < ОДО$ . Предположим, что решения принимаются с позиции объективиста. Рассмотрим процедуру принятия решения на примере следующей задачи.

### ***Ожидаемая ценность точной информации***

Предположим, что консультационная фирма за определенную плату готова предоставить информацию о фактическом состоянии на рынке в тот момент, когда руководству компании необходимо принять решение о масштабе производства. Принятие предложения зависит от соотношения между ожидаемой ценностью (результативностью) точной информации и величиной, запрошенной за нее, платы. Ожидаемая ценность точной информации о фактическом состоянии рынка равна разности между ОДО при наличии точной информации и максимальной денежной оценкой при отсутствии точной информации. Рассчитаем ожидаемую ценность точной информации в том случае, когда дополнительное обследование рынка не проводится. Если точная информация об истинном состоянии рынка будет благоприятной, принимается решение строить крупное производство. Если неблагоприятной, то наиболее целесообразна продажа патента. Значения ожидаемой ценности точной информации показывает, какую максимальную цену должна быть готова заплатить компания за точную информацию об истинном состоянии рынка в тот момент, когда ей это необходимо.

### ***Пример***

Руководство некоторой компании решает, создавать ли для выпуска новой продукции крупное производство, малое предприятие или продать патент другой фирме. Размер выигрыша, который компания может получить, зависит от благоприятного или неблагоприятного состояния рынка (табл. 42).

Размер выигрыша при благоприятном и неблагоприятном состоянии экономической среды

Номер стратегии	Действия компании	Выигрыш, усл. д. ед., при состоянии экономической среды*	
		благоприятном	неблагоприятном
1	Строительство крупного предприятия ( $a_1$ )	200 000	-180 000
2	Строительство малого предприятия ( $a_2$ )	100 000	-20 000
3	Продажа патента ( $a_3$ )	10 000	-10 000

\* Вероятность благоприятного и неблагоприятного состояний экономической среды равна 0,5.

### Методика выполнения

На основе данных табл. 42 – выигрышей (потерь) можно построить дерево решений (рис. 5).

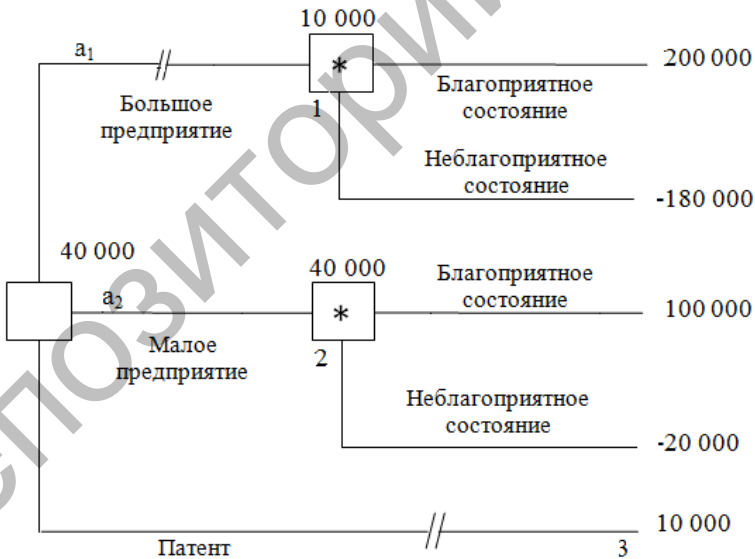


Рис. 5. Дерево решений без дополнительного обследования конъюнктуры:

[ ] – решение (решение принимает игрок);

[\*] – случай (решение «принимает» случай); // – отвергнутое решение



Процедура принятия решения заключается в вычислении для каждой вершины дерева (при движении справа налево) ожидаемых денежных оценок, отбрасывании неперспективных ветвей и выборе ветвей, которым соответствует максимальное значение ОДО.

Определим средний ожидаемый выигрыш ОДО:

$$\begin{aligned} & \text{– для вершины 1 } \text{ОДО}_1 = 0,5 \cdot 200\,000 + 0,5 \cdot (-180\,000) = \\ & = 10\,000 \text{ усл. д. ед.;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{– для вершины 2 } \text{ОДО}_2 = 0,5 \cdot 100\,000 + 0,5 \cdot (-20\,000) = \\ & = 40\,000 \text{ усл. д. ед.;} \end{aligned}$$

$$\text{– для вершины 3 } \text{ОДО}_3 = 10\,000 \text{ усл. д. ед.}$$

*Вывод.* Наиболее целесообразно выбрать стратегию  $a_2$ , т. е. строить малое предприятие, а ветви (стратегии)  $a_1$  и  $a_3$  дерева решений можно отбросить. ОДО наилучшего решения равна 40 000 усл. д. ед. Следует отметить, что наличие состояния с вероятностями 50 % неудачи и 50 % удачи на практике часто означает, что истинные вероятности игроку, скорее всего, неизвестны, и он всего лишь принимает такую гипотезу.

### Задания

**Задание 1.** Предположим, что вы владеете акциями стоимостью 1000 усл. д. ед. Вы должны принять решение относительно того, держать ли акции, продать их все или купить еще акции на сумму 500 усл. д. ед. Вероятность 20 %-го роста курсовой стоимости акции составляет 0,6, а вероятность снижения курсовой стоимости на 20 % – 0,4. Какое решение необходимо принять, чтобы максимизировать ожидаемую прибыль?

**Задание 2.** Начальник отдела маркетинга компании «Д» рассматривает возможность выпуска нового продукта. Необходимо принять ряд решений, связанных со сбытом этого продукта. Сначала необходимо решить, попытаться ли немедленно приступить к сбыту, предварить его исследованием рынка или же полностью отказаться от проекта. Проведение маркетингового исследования обойдется приблизительно в 50 000 усл. д. ед. Сбыт товара обойдется в 100 000 усл. д. ед., так как потребуются закупить дополнительное оборудование и понести затраты по его монтажу и наладке.

Отказ от проекта, в конечном счете, сэкономит компании 250 000 усл. д. ед. на расходах на содержание персонала.

Если компания решится на проведение маркетингового исследования, тогда вопрос, продавать новый товар или отказаться от него, все еще останется открытым. Вероятность оценочных объемов продаж будет зависеть от того, проводилось маркетинговое исследование или нет, а также от результатов такого исследования, которые могут оказаться либо положительными, либо отрицательными. В табл. 43 приведены вероятности различных объемов продаж нового продукта с учетом и без учета маркетингового исследования. В компании оценивают, что высокий объем продаж принесет валовой доход в размере 1 млн. усл. д. ед., средний – 500 тыс. усл. д. ед. и низкий – только 200 тыс. усл. д. ед.

Таблица 43

Вероятности различных объемов продаж

Объем продаж	Без маркетингового исследования	С проведением маркетингового исследования	
		Положительный ответ	Отрицательный ответ
Высокий	0,2	0,4	0,1
Средний	0,4	0,4	0,1
Низкий	0,4	0,2	0,8

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения об этапах процесса принятия решений с помощью дерева решений и оценке ожидаемой ценности точной информации.
3. Построение дерева решений.
4. Краткое описание результатов определения ожидаемых средних выигрышей для каждой вершины дерева с указанием полученных численных значений.
5. Выводы.

Лабораторная работа № 6  
**ВЫБОР ВАРИАНТА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ  
НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

*Цель работы – освоение метода анализа иерархий и определение лучшей альтернативы путем иерархического синтеза приоритетов элементов задачи.*

### **Теоретические сведения**

Метод анализа иерархий (МАИ) – математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений.

МАИ не предписывает ЛПР какого-либо «правильного» решения, а позволяет ему в интерактивном режиме найти такой вариант (альтернативу), который наилучшим образом согласуется с его пониманием сути проблемы и требованиями к ее решению.

#### *Шкала относительной важности в МАИ*

После иерархического воспроизводства проблемы необходимо установить приоритеты критериев и оценить каждую из альтернатив по критериям, выявив самую лучшую из них. При выполнении парных сравнений в распоряжение ЛПР дается шкала словесных определений уровня важности, причем каждому определению ставится в соответствие число. По соглашению сравнивается относительная важность левых элементов матрицы с элементами вверху. Поэтому если элемент слева важнее (лучше), чем элемент вверху, в клетку заносится целое число от 1 до 9, в противном случае заносится обратное число ( $1/3, \dots, 1/9$ ). Относительная важность любого элемента, сравниваемого с самим собой, равна 1, поэтому по диагонали в матрице всегда стоят только 1. Правомерность этой шкалы доказана теоретически при сравнении с другими шкалами. Возможно также использование промежуточных значений 2, 4, 6, 8.

При проведении парных сравнений обычно задают следующие вопросы:

- При сравнении критериев: какой из критериев более важен?
- При сравнении альтернатив по критерию: какая из альтернатив более желательна?
- При сравнении сценариев: какой из сценариев наиболее вероятен?
- Способы вычисления собственного вектора:

- Суммировать элементы каждой строки и разделить полученные суммы на сумму всех элементов матрицы. 1-й элемент результирующего вектора будет приоритетом 1-го объекта, 2-й элемент – приоритетом 2-го объекта и т. д.

- Умножить  $n$  элементов каждой строки и извлечь из полученного произведения корень  $n$ -й степени. Просуммировать полученные числа и затем разделить каждый извлеченный корень на эту сумму.

**Пример**

Предприятие выбирает место для размещения центра технического обслуживания (ЦТО). Имеется возможность выбрать одно из четырех мест: М1, М2, М3, М4. При выборе учитываются три критерия: К1 – «затраты», связанные с размещением ЦТО; К2 – «близость к потребителям»; К3 – «удобство связи с предприятием-изготовителем» (этот критерий означает удобство снабжения ЦТО запасными частями, доставки техники со сложными неисправностями из ЦТО на предприятие и т. д.). По мнению руководства предприятия, наиболее важными критериями являются К2 – «близость к потребителям» и К1 – «затраты»; причем критерий К2 – «близость к потребителям» немного более важный, чем К1 – «затраты».

Характеристики альтернатив приведены в табл. 44.

Таблица 44

Характеристики альтернатив

Критерии	Альтернативы			
	М1	М2	М3	М4
К1 – затраты, тыс. усл. д. ед.	400	450	1200	500
К2 – близость к потребителям	Близко	Далеко	Очень близко	Близко
К3 – удобство связи с предприятием	Удобно	Немного более удобно, чем для М1	Очень удобно	Очень удобно

**Методика выполнения**

1. Составляется иерархическое представление задачи (рис. 6). На первом уровне в иерархическом представлении задач, решаемых методом анализа иерархий, всегда указывается один элемент –

выбор (цель). На втором уровне указаны критерии, по которым делается выбор. На третьем указаны альтернативы, из которых делается выбор.

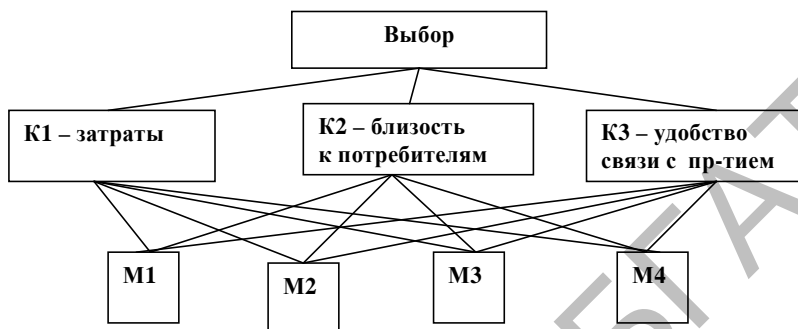


Рис. 6. Иерархическое представление задачи

2. Выявляются оценки важности критериев (оценки влияния критериев на выбор решения). В соответствии с мнением руководства предприятия о важности критериев составляется матрица парных сравнений (табл. 45).

Таблица 45

Матрица парных сравнений критериев

К	К1	К2	К3	Собственный вектор	Локальный приоритет критерия
К1	1	1/2	7	$C1 = (1 \cdot 1/2 \cdot 7)^{1/3} = 1,52$	$L_{k1} = C1 : C = 1,52 : 4,3 = 0,35$
К2	2	1	8	$C2 = 2,52$	$L_{k2} = 0,59$
К3	1/7	1/8	1	$C3 = 0,26$	$L_{k3} = 0,06$

Находится сумма средних геометрических:  $C = C1 + C2 + C3 = 1,52 + 2,52 + 0,26 = 4,3$ .

Определяются локальные приоритеты (оценки важности критериев):  $L_{k1} = C1 : C = 1,52 : 4,3 = 0,35$ ;  $L_{k2} = 0,59$ ;  $L_{k3} = 0,06$ .

Чем больше локальный приоритет, тем важнее критерий.

3. Выявляются оценки предпочтения альтернатив по каждому из критериев.

Выполняется сравнение альтернатив по критерию К1 – «затраты» (табл. 46).

Таблица 46

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию К1

K1	M1	M2	M3	M4	Собственный вектор	Локальный приоритет критерия
M1	1	2	9	3	$C1 = (1 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 3)^{1/4} = 2,71$	$L_{K1M1} = C1 : C = 2,71 : 5,64 = 0,48$
M2	1/2	1	8	2	$C2 = 1,68$	$L_{K1M2} = 0,3$
M3	1/9	1/8	1	1/7	$C3 = 0,21$	$L_{K1M3} = 0,04$
M4	1/3	1/2	7	1	$C4 = 1,04$	$L_{K1M4} = 0,18$

$$C = C1 + C2 + C3 = 2,71 + 1,68 + 0,21 + 1,04 = 5,64.$$

Элемент  $X_{12} = 2$  означает, что, по мнению специалистов предприятия, место М1 совсем немного лучше, чем место М2. Это видно из их характеристики для М1 затраты составляют 400 тыс. усл. д. ед., а для М2 – 450 тыс. усл. д. ед.

Чем больше локальный приоритет, тем лучше альтернатива по данному критерию. В данном случае видно, что по критерию «затраты» лучшее место – М1, худшее – М3.

Выполняется сравнение альтернатив по критерию «близость к потребителям» (табл. 47).

Таблица 47

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию К2

K2	M1	M2	M3	M4	Локальный приоритет критерия
M1	1	7	1/2	1	$L_{K2M1} = C1 : C = 1,37 : 5,4 = 0,25$
M2	1/7	1	1/9	1/7	$L_{K2M2} = 0,04$
M3	2	9	1	2	$L_{K2M3} = 0,45$
M4	1	7	1/2	1	$L_{K2M4} = 0,25$

Выполняется сравнение альтернатив по критерию «удобство связи с потребителем» (табл. 48).

Таблица 48

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию К3

К3	М1	М2	М3	М4	Локальный приоритет критерия
М1	1	1/2	1/3	1/3	$L_{K3M1} = C1 : C = 0,11$
М2	2	1	1/2	1/2	$L_{K3M2} = 0,19$
М3	3	2	1	1	$L_{K3M3} = 0,35$
М4	3	2	1	1	$L_{K3M4} = 0,35$

4. Выполняется обработка экспертных оценок. Находятся глобальные приоритеты всех элементов задачи. При использовании метода анализа иерархий глобальные приоритеты элементов второго уровня равны локальным приоритетам. Глобальные приоритеты элементов всех последующих уровней находятся с учетом их локальных приоритетов, а также глобальных приоритетов предыдущего, более высокого уровня.

Глобальные приоритеты критериев равны их локальным приоритетам:  $G_{K1} = L_{K1} = 0,35$ ,  $G_{K2} = L_{K2} = 0,59$ ,  $G_{K3} = L_{K3} = 0,06$ .

Глобальные приоритеты альтернатив находятся следующим образом: локальные приоритеты альтернативы относительно критериев умножаются на глобальные приоритеты соответствующих критериев; эти произведения складываются.

Найдем глобальные приоритеты альтернатив:

- $G_{M1} = L_{K1M1} \cdot G_{K1} + L_{K2M1} \cdot G_{K2} + L_{K3M1} \cdot G_{K3} = 0,48 \cdot 0,35 + 0,25 \times 0,59 + 0,11 \cdot 0,06 = 0,32$ ;

- $G_{M2} = L_{K1M2} \cdot G_{K1} + L_{K2M2} \cdot G_{K2} + L_{K3M2} \cdot G_{K3} = 0,3 \cdot 0,35 + 0,04 \times 0,59 + 0,19 \cdot 0,06 = 0,14$ ;

- $G_{M3} = L_{K1M3} \cdot G_{K1} + L_{K2M3} \cdot G_{K2} + L_{K3M3} \cdot G_{K3} = 0,04 \cdot 0,35 + 0,45 \times 0,59 + 0,35 \cdot 0,06 = 0,3$ ;

- $G_{M4} = L_{K1M4} \cdot G_{K1} + L_{K2M4} \cdot G_{K2} + L_{K3M4} \cdot G_{K3} = 0,18 \cdot 0,35 + 0,25 \times 0,59 + 0,35 \cdot 0,06 = 0,23$ .

5. По значениям глобальных приоритетов выбирается лучшая альтернатива. В данном случае лучшим для размещения ЦТО является место, обозначенное как М1. Несколько хуже место М3, еще хуже – М4, самое худшее – М2.

## Задания

**Задание.** Определить наиболее вероятный сценарий развития одной из отраслей машиностроения. Имеется три возможных сценария развития:

– импорт продукции данной отрасли (т. е. фактический отказ от развития отрасли в своей стране);

– создание сборочного производства;

– развитие в своей стране полного цикла производства.

– Известны заинтересованные стороны, способные повлиять на выбор сценария развития, и преследуемые ими цели:

– представители машиностроительной отрасли заинтересованы только в получении прибыли;

– представители отраслей потребителей заинтересованы, прежде всего, в низких ценах на продукцию данной отрасли, меньше – в появлении продукции в кратчайшие сроки;

– государственные органы заинтересованы, прежде всего, в налоговых поступлениях, примерно в такой же степени (немного меньше) – в создании новых рабочих мест, значительно меньше – в низких ценах на продукцию.

Известно, что наибольшее влияние на выбор сценария могут оказать представители отраслей потребителей, немного меньшее (и примерно одинаковое между собой) – государственные органы и представители машиностроения.

Характеристики сценариев развития:

• При ориентации на импорт отрасль машиностроения практически не будет иметь прибыли. В случае создания сборочного производства прибыль будет составлять примерно 15 млн усл. д. ед. в год, при развитии полного цикла – около 30 млн усл. д. ед.;

• Цена на продукцию будет минимальной при создании сборочного производства. При импорте продукции она будет совсем немного выше, при развитии полного цикла – существенно выше.

• Сроки появления продукции на рынке при импорте составят 5–6 месяцев, при создании сборочного производства – 3–4 года, при развитии полного цикла – 5–6 лет.

• Налоговые поступления от импорта продукции составят примерно 2 млн усл. д. ед. в год, от предприятий со сборочным



производством – примерно 8 млн усл. д. ед., от предприятий полного цикла – 9 млн усл. д. ед.

- В случае ориентации на импорт новые рабочие места создаваться не будут. Развитие сборочного производства позволит создать примерно 6000 новых рабочих мест, развитие полного цикла – примерно 7000 новых рабочих мест.

Для прогнозирования наиболее вероятного сценария использовать метод анализа иерархий.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о методе анализа иерархий.
3. Краткое описание результатов парных сравнений критериев по степени важности с указанием полученных численных значений их локальных приоритетов.
4. Краткое описание результатов парных сравнений альтернатив по отдельным критериям с указанием полученных численных значений их локальных приоритетов.
5. Оценка глобальных приоритетов альтернатив.
6. Выводы.

Лабораторная работа № 7

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ РАЗВИТИЯ ОБЪЕКТА ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ELECTRE**

*Цель работы – получение навыков выбора оптимальных альтернатив развития объектов АПК на основе методов ELECTRE (исключение и выбор, отражающие реальность).*

### Теоретические сведения

В отличие от метода анализа иерархий в методах группы ELECTRE не определяется количественный показатель качества каждой из альтернатив, а устанавливается условие превосходства одной альтернативы над другой.

Постановка задачи обычно имеет следующий вид.

Дано:

- $N$  критериев (обычно количественные со шкалами оценок).
- Весовые коэффициенты критериев.
- Альтернативы с оценками по критериям.

Требуется выделить группы лучших альтернатив.

*Основные этапы:*

- На основании заданных оценок 2 альтернатив рассчитываются значения индексов согласия и несогласия с гипотезой о том, что альтернатива А превосходит альтернативу В.

- Задаются уровни согласия и несогласия, с которыми сравниваются рассчитанные индексы для каждой пары альтернатив. Если индекс согласия выше заданного уровня, а индекс несогласия ниже, то одна из альтернатив превосходит другую. В противном случае они не сравнимы.

- Из множества альтернатив удаляются доминируемые. Оставшиеся альтернативы образуют ядро.

- Вводятся более «слабые» значения индексов согласия и несогласия (меньший по значению уровень согласия и больший по значению уровень несогласия, при которых выделяются ядра с меньшим количеством альтернатив).

- В последнее ядро входят наилучшие альтернативы. Последовательность ядер определяет упорядоченность альтернатив по качеству.

Выдвигается гипотеза о превосходстве альтернативы А над альтернативой В.

Множество  $I$ , состоящее из  $N$  критериев, разбивается на 3 подмножества:

- подмножество критериев, по которому А предпочтительнее В;
- подмножество критериев, по которому А равноценно В;
- подмножество критериев, по которому В предпочтительнее А.

Далее формируется индекс согласия с гипотезой о превосходстве А над В. Он рассчитывается на основе весов критериев. Так, в методах семейства ELECTRE-1 этот индекс определяется как отношение суммы весов критериев, по которым альтернатива А предпочтительнее В или равноценна альтернативе В, к общей сумме весов критериев:

$$c_{AB} = \frac{\sum_{i \in I^+; I^-} W_i}{\sum_{i=1}^N W_i}. \quad (24)$$

Индекс несогласия с гипотезой о превосходстве альтернативы А над альтернативой В определяется на основе самого противоречивого критерия, по которому В в наибольшей степени превосходит А. Чтобы учесть возможную разницу длин шкал критериев, разность оценок В и А относят к длине наибольшей шкалы:

$$d_{AB} = \max \frac{|l_B - l_A|}{L_i}. \quad (25)$$

где  $i \in I^-$ ;

$l_B, l_A$  – оценки альтернатив по  $i$ -му критерию;

$L_i$  – длина шкалы  $i$ -го критерия.

В методе ELECTRE-1 бинарные отношения задаются уровнями согласия и несогласия. Если  $c_{AB} \geq C1$  и  $d_{AB} \leq D1$ , где  $C1$  и  $D1$  – заданные уровни согласия и несогласия, то альтернатива А объявляется лучшей по сравнению с альтернативой В. Если при этих уровнях сравнить альтернативы не удалось, то они объявляются несравнимыми. Уровни согласия и несогласия – инструмент анализа в руках ЛПР и консультантов.

### **Пример**

Необходимо выбрать место для строительства предприятия по утилизации отходов от производства мясопродуктов.

Критерии выбора:

$C1$  – стоимость строительства, вес критерия  $W_1 = 3$ ;

$C2$  – время в пути до центра города,  $W_2 = 2$ ;

$C3$  – количество людей, подвергающихся вредным воздействиям,  $w_3 = 1$ .

Во всем рассматриваемом множестве альтернатив  $\max$  и  $\min$  значения по критериям:

	max	min	$L_i$	$W_i$
C1 (млн усл. д. ед.)	200	100	100	3
C2 (мин.)	80	30	50	2
C3 (тыс. чел.)	50	5	45	1

$$\sum W_i = 6.$$

После предварительного отбора осталось 4 альтернативы:

A (180, 70, 10); B (170, 40, 15); C (160, 55, 20); D (150, 50, 25).

Необходимо выбрать лучшую альтернативу.

### **Методика выполнения**

Составим матрицу индексов согласия:

$c$	A	B	C	D
A	X	1/6	1/6	1/6
B	(3 + 2)/6	X	3/6	3/6
C	5/6	3/6	X	1/6
D	(3 + 2)/6	3/6	5/6	X

Составим матрицу индексов несогласия:

$d$	A	B	C	D
A	X	0,6	0,3	0,4
B	0,11	X	0,1	0,2
C	0,22	0,3	X	0,1
D	0,33	0,22	0,11	X

Зададим 1-е уровни согласия и несогласия:  $C1 \geq 5/6$ ,  $D1 \leq 0,1$ .

Итак, при данных уровнях согласия и несогласия все альтернативы несравнимы.

Зададим  $D1 \leq 0,11$ ,  $C1 \geq 5/6$ .

В 1-е ядро входят альтернативы B и D. При данных значениях уровней согласия и несогласия они несравнимы. Определим для них значения индексов согласия и несогласия:

$c$	B	D
B	X	3/6
D	3/6	X

$d$	B	D
B	X	0,2
D	0,22	X

Изменим уровни согласия и несогласия:  $C1 \geq 3/6$ ,  $D1 \leq 0,2$ .

Наилучшей является альтернатива B.

## Задания

**Задание.** Предположим, что экспертным путем были оценены веса критериев.

Вес критерия K1 равен 0,3; вес критерия K2 равен 0,29; вес критерия K3 равен 0,17; вес критерия K4 равен 0,24.

Предприятию требуется приобрести датчики для использования в составе автоматизированной системы управления технологическим процессом. Имеется возможность приобрести датчики одного из шести типов. Характеристики датчиков приведены в табл. 49.

Таблица 49

Характеристики датчиков

Критерии	Датчики				
	A1	A2	A3	A4	A5
Стоимость, усл. д. ед.	1 600	2 000	6 000	2 100	1 800
Наработка на отказ, ч	3 200	4 000	6 500	5 000	3 500
Условия технического обслуживания	Удовл.	Отлично	Очень хорошо	Хорошо	Отлично
Точность, количество отсчетов	3 600	5 000	5 000	4 000	3 500

Выбрать лучшую альтернативу с помощью метода ELECTRE-1.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о методах группы ELECTRE.
3. Краткое описание порядка определения индексов согласия и несогласия с выдвинутой гипотезой в методе ELECTRE-1 с указанием полученных численных значений.
4. Определение уровней согласия и несогласия как инструмента анализа в целях выбора оптимальных альтернатив развития объекта.
5. Выводы.

Лабораторная работа № 8  
**ПРИНЯТИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ  
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПОЛЕЗНОСТИ**

*Цель работы – освоение методики выбора решений на основе вычисления обобщенных мер полезности альтернатив по всей совокупности критериев.*

### **Теоретические сведения**

Основная идея теории полезности состоит в получении количественных значений полезности возможных исходов, которые являются следствием принятия решений. В дальнейшем на основе этих оценок можно выбрать наилучший исход. Для получения этих оценок необходимо иметь информацию о предпочтениях ЛПР. Под функциями полезности понимают функции  $P_i = F(x_i)$ , описывающие зависимость полезности альтернатив (Р) с точки зрения ЛПР от оценок  $x_i$  этих альтернатив по  $i$ -му критерию. Меры полезности обычно принимают значения из диапазона  $[0,1]$ . Чем больше данное значение, тем лучше альтернатива. На основе мер полезности по отдельным критериям рассчитываются обобщенные меры полезности по всей совокупности критериев. Для построения функции полезности от ЛПР необходимо получить следующую информацию:

- суждения о том, какие значения критериев желательны, а какие нет;
- суждения о компенсации одних критериев другими. ЛПР должно указать наиболее желательные и наименее желательные оценки по каждому критерию.

Достоинства метода:

- хорошая теоретическая обоснованность, т. е. разработан строгий математический аппарат, описывающий свойства и правила их построения;
- высокая степень учета суждений ЛПР о предпочтительности альтернатив;
- алгоритмы на основе функции полезности реализованы в ряде действующих компьютерных систем поддержки принятия решений.

Недостатки:

- сложность получения от ЛПР информации для построения функции полезности, особенно информации о компенсации одних критериев другими;
- применение функции полезности затрудняется при использовании критериев с оценками, отличающимися от числовых.

Предполагается, что полезность альтернативы пропорциональна ее оценкам по критериям. Чем ближе оценка альтернативы к наиболее желательной, тем выше мера ее полезности. Если ЛПР затрудняется указать наиболее желательное или наименее желательное значение критерия, то используется наилучшая (наихудшая) из имеющихся оценок альтернатив по соответствующим критериям. Если оценка альтернативы по некоторому критерию лучше наиболее желательного значения данного критерия, то мера ее полезности равна 1. Если оценка альтернативы хуже, чем наименее желательное значение критерия, то значение меры ее полезности оказывается большим отрицательным числом за счет умножения на штрафной коэффициент  $S$ .

**Пример**

Предприятие имеет возможность приобрести одну из трех технологических линий. Требуется выбрать одну из них. Критерии в группе:

- $K_1$  – производительность. Вес критерия равен  $\beta_1 = 0,31$ ;
- $K_2$  – себестоимость продукции,  $\beta_2 = 0,28$ ;
- $K_3$  – периодичность технического обслуживания,  $\beta_3 = 0,17$ ;
- $K_4$  – стоимость линии,  $\beta_4 = 0,24$ .

Характеристики технологических линий, наиболее желательные (НБЖ) и наименее желательные (НМЖ) значения критериев приведены в табл. 50.

Таблица 50

Характеристики технологических линий

Критерии:	$A_1$	$A_2$	$A_3$	НБЖ	НМЖ
$K_1$	120	150	130	150	70
$K_2$	25	20	18	10	20
$K_3$	20	60	50	50	15
$K_4$	180	320	250	200	350

### Методика выполнения

Определим меры полезности альтернатив по отдельным критериям:

$$1) \quad S = 10, \quad i = 1,$$

$$P_{1j} = \begin{cases} 1, & x_{1j} > 150; \\ \frac{x_{1j} - 70}{150 - 70}, & 70 \leq x_{1j} \leq 150; \\ 10 \cdot \frac{x_{1j} - 70}{150 - 70}, & x_{1j} < 70. \end{cases}$$

$$P_{11} = \frac{120 - 70}{150 - 70} = 0,63$$

$$P_{12} = \frac{150 - 70}{150 - 70} = 1$$

$$P_{13} = \frac{130 - 70}{150 - 70} = 0,75$$

$$2) \quad i = 2,$$

$$P_{2j} = \begin{cases} 1, & x_{2j} < 10; \\ 1 - \frac{x_{2j} - 10}{20 - 10}, & 10 \leq x_{2j} \leq 20; \\ 10 \cdot \left( 1 - \frac{x_{2j} - 10}{20 - 10} \right), & x_{2j} > 20. \end{cases}$$

$$P_{21} = 10 \left( 1 - \frac{25 - 10}{20 - 10} \right) = -5;$$

$$P_{22} = 1 - \frac{20 - 10}{20 - 10} = 0;$$



$$P_{23} = 1 - \frac{18 - 10}{20 - 10} = 0,2;$$

3)  $i = 3,$

$$P_{3j} = \begin{cases} 1, & x_{3j} > 50; \\ \frac{x_{3j} - 15}{50 - 15}, & 15 \leq x_{3j} \leq 50; \\ 10 \cdot \frac{x_{3j} - 15}{50 - 15}, & x_{3j} < 15. \end{cases}$$

$$P_{31} = 1 - \frac{20 - 15}{50 - 15} = 0,14;$$

$$P_{32} = 1;$$

$$P_{33} = \frac{50 - 15}{50 - 15} = 1;$$

4)  $i = 4,$

$$P_{4j} = \begin{cases} 1, & x_{4j} < 200; \\ 1 - \frac{x_{4j} - 200}{350 - 200}, & 200 \leq x_{4j} \leq 350; \\ 10 \cdot \left( 1 - \frac{x_{4j} - 200}{350 - 200} \right), & x_{4j} > 350. \end{cases}$$

$$P_{41} = 1;$$

$$P_{42} = 1 - \frac{320 - 200}{350 - 200} = 0,2;$$

$$P_{43} = 1 - \frac{250 - 200}{350 - 200} = 0,67;$$

Определим обобщенные меры полезности для каждой альтернативы:

$$Л1 = 0,31 \cdot 0,63 + 0,28 \cdot (-5) + 0,17 \cdot 0,14 + 0,24 \cdot 1 = -0,94;$$

$$Л2 = 0,53;$$

$$Л3 = 0,62.$$

*Вывод:* оптимальным решением для предприятия является приобретение третьей технологической линии.

### Задания

**Задание.** Предприятие имеет возможность приобрести одну из трех технологических линий. Требуется выбрать одну из них. Критерии в группе:

- $K_1$  – производительность. Вес критерия равен  $\beta_1 = 0,32$ ;
- $K_2$  – себестоимость продукции ( $\beta_2 = 0,26$ );
- $K_3$  – периодичность технического обслуживания ( $\beta_3 = 0,19$ );
- $K_4$  – стоимость линии ( $\beta_4 = 0,23$ ).

Характеристики технологических линий, наиболее желательные (НБЖ) и наименее желательные (НМЖ) значения критериев приведены в табл. 51.

Таблица 51

Характеристики технологических линий  
(НБЖ и НМЖ значения критериев)

Критерии	$A_1$	$A_2$	$A_3$	НБЖ	НМЖ
$K_1$	240	180	200	260	180
$K_2$	85	48	40	Чем меньше, тем лучше	70
$K_3$	60	70	55	60	18
$K_4$	320	280	290	250	400

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о методах на основе теории полезности.
3. Краткое описание результатов построения функций полезности альтернатив по отдельным критериям и вычисления на их

основе обобщенных мер полезности альтернатив по всей совокупности критериев.

#### 4. Выводы.

### Лабораторная работа № 9

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК В АНАЛИЗЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ЭКОНОМИКЕ

*Цель работы – освоение метода экспертных оценок «Дельфи» и определение направлений его практического использования при решении экономических задач.*

### Теоретические сведения

Наиболее популярным методом экспертных оценок является метод «Дельфи». Основные средства для повышения объективности результатов при применении этого метода – это использование обратной связи, ознакомление экспертов с результатами предшествующего тура и учет их при оценке значимости мнений экспертов.

Алгоритм метода «Дельфи»:

1. Оценки упорядочивают по возрастанию (составляется вариационный ряд). Обозначим оценки в вариационном ряду  $X_1, X_2, \dots, X_N$ , где  $N$  – количество оценок (экспертов).

2. Находят медиану оценок. Медиана – число, разделяющее вариационный ряд на равное число элементов. Медиану находят следующими способами:

- если количество оценок нечетное, то в качестве медианы берется оценка с номером  $i = (N - 1) : 2 + 1$ ;

- если количество оценок четное, то медиана  $Q_m = (X_i + X_j) : 2$ , где  $i = N : 2, j = N : 2 + 1$ .

3. Находят нижний квартиль: число, превышающее  $\frac{1}{4}$  всех оценок. Находят верхний квартиль: число, превышающее  $\frac{3}{4}$  всех оценок. В качестве нижнего квартиля используется оценка с номером  $[N/4]$ , в качестве верхнего – оценка с номером  $N - [N : 4] + 1$ . Здесь  $[\ ]$  – целая часть.

4. Находят разность квартилей в первом туре:  $\Delta Q_1 = Q_2 - Q_1$ . Разность квартилей характеризует разброс экспертных оценок (чем она больше, тем сильнее расхождение экспертов во мнениях).

Экспертам, оценки которых меньше нижнего квартиля или больше верхнего, предлагается обосновать свои оценки. Эти обоснования передаются другим экспертам.

После того, как приведенные экспертами обоснования сообщаются (анонимно) всем экспертам, проводится второй тур. Эксперты снова представляют свои прогнозы.

Выполняется обработка оценок (как и в первом туре). Шаги 1–4 повторяются.

5. Находят отношение разностей квартилей в первом и в данном туре:  $\Delta Q_I : \Delta Q_{II}$ .

Опрос экспертов прекращается, если разность квартилей в данном туре уменьшилась по сравнению с первым туром в 1,6 раза (или больше). В качестве группового мнения берется значение медианы в последнем туре.

Как правило, количество туров составляет от двух до четырех. В некоторых случаях экспертам за несколько туров не удается получить согласованную оценку. В этих случаях обнаруживается несколько оценок (обычно две), к которым близки оценки всех экспертов.

### **Пример**

Составить прогноз инфляции на следующий год с помощью метода «Дельфи».

*Первый тур.* Экспертные оценки (прогнозы уровня инфляции):

9 11 15 7 18 31 28 27 11 8 2  
15 15 23 22 24 18 24 21 27 18 19

*Второй тур.* Экспертные оценки:

16 14 23 27 12 15 23 12 20 22 21  
19 24 14 28 19 25 23 18 22 30 27

*Третий тур.* Экспертные оценки:

18 17 23 27 14 20 24 18 20 23 22  
20 24 15 28 20 25 23 24 22 25 27

### **Методика выполнения**

*Первый тур.* Экспертные оценки:

9 11 15 7 18 31 28 27 11 8 12  
15 15 23 22 24 18 24 21 27 18 19

1. Оценки упорядочивают по возрастанию (составляется вариационный ряд):

7 8 9 11 11 12 15 15 15 18 18  
18 19 21 22 23 24 24 27 27 28 31

2. Находится медиана оценок. В данном случае количество оценок четно ( $N = 22$ );  $i = 22 : 2 = 11$ ,  $j = 22 : 2 + 1 = 12$ .

Медиана:  $Q_m = (X_{11} + X_{12}) : 2 = (18 + 18) : 2 = 18$ .

Медиана представляет собой среднюю (обобщенную) оценку.

3. Находится нижний квартиль: число, превышающее  $\frac{1}{4}$  всех оценок. Находится верхний квартиль: число, превышающее  $\frac{3}{4}$  всех оценок. В качестве нижнего квартиля используется оценка с номером  $[N : 4]$ , в качестве верхнего – оценка с номером  $N - [N : 4] + 1$ . Здесь  $[]$  – целая часть.

В данном случае  $[N : 4] = [22 : 4] = 5$ .

Нижний квартиль:  $Q_1 = X_5 = 11$ .

Верхний квартиль:  $Q_2 = X_{18} = 24$ .

4. Находится разность квартилей в первом туре:

$$\Delta Q_I = Q_2 - Q_1 = 13.$$

В этом случае свои мнения должны обосновать эксперты, предсказывающие уровень инфляции менее 11 или более 24 %.

После того, как приведенные экспертами обоснования сообщаются (анонимно) всем экспертам, проводится второй тур. Эксперты снова представляют свои прогнозы.

*Второй тур.* Экспертные оценки:

16 14 23 27 12 15 23 12 20 22 21

18 24 14 28 19 25 23 18 22 30 27

Выполняется обработка оценок (как и в первом туре).

1. Оценки упорядочиваются по возрастанию (составляется вариационный ряд):

12 12 14 14 15 16 18 19 19 20 21

22 22 23 23 23 24 25 27 27 28 30

2. Находится медиана:  $Q_m = (X_{11} + X_{12}) : 2 = (21 + 22) : 2 = 21,5$ .

3. Находятся квартили:  $Q_1 = 15$ ,  $Q_2 = 25$ .

4. Разность квартилей во втором туре:

$$\Delta Q_{II} = Q_2 - Q_1 = 25 - 15 = 10.$$

5. Находится отношение разностей квартилей в первом и в данном туре:  $\Delta Q_I : \Delta Q_{II} = 13 : 10 = 1,3$ .

Опрос экспертов прекращается, если разность квартилей в данном туре уменьшилась по сравнению с первым туром в 1,6 раза (или больше). В данном случае экспертиза продолжается, так как разброс экспертных оценок уменьшился незначительно (менее чем в 1,6 раза); это значит, что согласованное мнение экспертов еще не достигнуто.

Экспертам, прогнозирующим уровень инфляции менее 15 или свыше 25 %, предлагается обосновать свои оценки. Затем проводится третий тур.

*Третий тур.* Экспертные оценки:

18 17 23 27 14 20 24 18 20 23 22

22 24 15 28 20 25 23 24 22 25 27

Выполняется обработка оценок, как и в предыдущих турах.

1. Оценки упорядочиваются по возрастанию:

14 15 17 18 18 20 20 20 22 22 22

23 23 23 24 24 24 25 25 27 27 28

2. Находится медиана:

$$Q_m = (X_{11} + X_{12}) : 2 = (22 + 23) : 2 = 22,5.$$

3. Находятся квартили:  $Q_1 = 18$ ;  $Q_2 = 25$ .

4. Разность квартилей:  $\Delta Q_{III} = Q_2 - Q_1 = 25 - 18 = 7$ .

5. Отношение разности квартилей в первом и в данном туре:

$$\Delta Q_I : \Delta Q_{III} = 13 : 7 = 1,86.$$

Разброс экспертных оценок уменьшился (по сравнению с первым туром) в 1,86 раза. Таким образом, опрос экспертов заканчивается. Прогноз инфляции на очередной год равен медиане оценок: 22,5 %.

### Задания

**Задание.** Составить прогноз инфляции на следующий год.

№ – порядковый номер студента в списке подгруппы.

*Первый тур.* Экспертные оценки (прогнозы уровня инфляции):

9 12 15 7 18+№ 31 28 27 11 8 12

15 15 23 22 24 18 26 21 27 19 19

*Второй тур.* Экспертные оценки (прогнозы уровня инфляции):

16 14 23 27 12 16 23 12 20+№ 22 22

20 24 14 28 19 27 23 18 22 30 27

*Третий тур.* Экспертные оценки (прогнозы уровня инфляции):

18 17 23 27 14 20+№ 24 17 21 23 22

20 24 15 28 20 27 22 24 22 26 26

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения об этапах метода экспертных оценок «Дельфи».

3. Краткое описание результатов статистической обработки экспертных оценок и обобщения мнений экспертов с указанием полученных численных значений.

4. Выводы.

Лабораторная работа № 10  
**МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ДВОЙСТВЕННЫХ  
ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК**

*Цель работы – освоение методики обоснования двойственных экономико-математических оценок.*

**Теоретические сведения**

Инструментом объективной оценки эффективности издержек производства, сформированных за счет инвестиций в ресурсы и т. д., являются двойственные, или объективно обусловленные оценки (о. о. о.). Двойственные оценки, рассчитанные по регионам, есть оптимальные цены на ресурсы в условиях равновесия спроса и предложения.

Ненулевые двойственные оценки имеют ресурсы, которые лимитированы, но не избыточны. Если ресурс избыточен, то он замораживает денежные средства предприятия и имеет нулевую двойственную оценку, хотя хозяйственная ценность этого ресурса для хозяйств, испытывающих потребность в нем, значительна. При изменении технологии, ценовых и других характеристик возможно изменение роли подобного ресурса, и в этом случае его запасы могут быть полностью использованы, а двойственная оценка примет ненулевое значение.

Обоснование двойственных оценок осуществляем в двойственной или транспонированной задаче. Ее получаем на основе прямой.

Допустим, имеем задачу или развернутую экономико-математическую модель вида:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq A_1;$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq A_2;$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq A_m;$$

$$F_{\max} = \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \dots + \lambda_n x_n.$$

В общем виде можем записать:

$$\sum_{j \in J_0} a_{ij} x_j \leq A_i, \quad i = 1, \dots, m;$$

$$F_{\max} = \sum_{j \in J_0} \lambda_j x_j \quad [\text{при } x_j \geq 0].$$

Для построения двойственной задачи вводим двойственные оценки. Их будет столько, сколько ограничений ( $u_1, u_2, \dots, u_m$ ). Например,  $u_1$  показывает, на сколько единиц возрастет целевая функция, если первый ресурс увеличится на единицу сверх  $A_1$ .

#### **Методика построения двойственной задачи**

1. Коэффициентами строки двойственной задачи становятся коэффициенты столбца прямой задачи. При этом знаки ограничений меняются на противоположные. Отсюда, если в прямой задаче разные знаки, то нужно привести их к одним – тем, которых больше.

2. Свободными членами двойственной задачи являются коэффициенты  $F$ -строки прямой задачи.

3. Коэффициентами  $F$ -строки двойственной задачи являются свободные члены прямой, при этом цель решения двойственной задачи противоположна прямой. Двойственная задача будет иметь вид:

$$a_{11} u_1 + a_{21} u_2 + \dots + a_{m1} u_m \geq \lambda_1;$$

$$a_{12} u_1 + a_{22} u_2 + \dots + a_{m2} u_m \geq \lambda_2;$$

$$a_{1n} u_1 + a_{2n} u_2 + \dots + a_{mn} u_m \geq \lambda_n;$$

$$F_{\min} = A_1 u_1 + A_2 u_2 + \dots + A_m u_m; \quad u_1 \geq 0; \quad u_2 \geq 0; \quad \dots u_m \geq 0.$$

$$\text{В общем виде } \sum_{i \in I_0} a_{ij} u_i \leq \lambda_j, \quad j \in J_0; \quad F_{\min} = \sum_{i \in I_0} A_i u_i.$$



Первое ограничение обозначает (применительно к первому): расход первого ресурса  $a_{11}$  на единицу отрасли  $x_1$ , умноженный на оценку первого ресурса  $u_1$ , плюс расход второго ресурса  $a_{21}$  на оценку второго ресурса  $u_2$ , плюс (и т. д.), плюс расход  $a_{m1}$   $m$ -го ресурса на единицу первой отрасли на оценку  $m$ -го ресурса  $u_m$ , будут не меньше коэффициента целевой функции на единицу первой отрасли  $x_1$ .

Двойственные оценки определяют значение каждого ресурса и фактора производства в конечных результатах предприятия, обозначенных целевой функцией.

Содержание двойственных оценок вытекает из основных теорем двойственности.

Из первой теоремы двойственности следует, что максимум целевой функции прямой задачи равен минимуму целевой функции двойственной задачи, то есть

$$\max \sum_{j \in J_0} \lambda_j x_j = \min \sum_{i \in I_0} A_i u_i .$$

Это означает, что оценка всей продукции прямой задачи в двойственной задаче равна общей оценке ресурсов, затраченных на ее производство. Отсутствие такого равенства свидетельствует о неоптимальности плана.

Если, например, цель решения задачи – максимум прибыли, то эта теорема означает, что сумма прибыли, которую получает хозяйство, равна сумме произведений объема ресурсов на величину прибыли, которую обеспечивает использование единицы каждого ресурса.

Из второй теоремы двойственности вытекают следующие требования:

$$\text{если } u_i > 0, \text{ то } \sum_{j \in J_0} a_{ij} x_j = A_i, \quad i \in I_0;$$

$$\text{если } \sum_{j \in J_0} a_{ij} x_j < A_i, \text{ то } u_i = 0, \quad i \in I_0.$$

Таким образом, если оценка единицы ресурса вида  $i$  положительна, то при оптимальной производственной программе этот ресурс используется полностью, если же оценка равна нулю, то используется не полностью;

если  $x_j > 0$ , то  $\sum_{i \in I_0} a_{ij} u_i = I_j$ ,  $j \in J_0$ ;

если  $\sum_{i \in I_0} a_{ij} u_i > I_j$ , то  $x_j = 0$ ,  $j \in J_0$ .

Если же отрасль вошла в оптимальный план, то производство ее продукции по оценкам оправдано, так как общий расход ресурсов на единицу отрасли в оценках оптимального плана равен цене продукта отрасли.

Если же отрасль убыточна, то она отсутствует в оптимальном плане, так как оценка ресурсов, затрачиваемых на единицу продукции отрасли, больше цены продукции, полученной от единицы отрасли.

Иногда может быть рассчитан такой план, в котором  $x_j = 0$ , а соответствующее ограничение двойственной задачи выполняется как строгое равенство. Получается, что вид продукции не вошел в оптимальный план, а по оценкам оптимального плана производство его рентабельно. Это возможно на альтернативных вариантах плана. Значение целевой функции при этом не изменяется.

### **Пример**

Имеется два вида кормов:  $m$  и  $n$ . При их различном соотношении можно получить 4 вида смесей: А, В, С и D (табл. 52).

Необходимо минимизировать затраты на корма. На основании прямой задачи составить двойственную экономико-математическую задачу.

Таблица 52

Состав смесей кормов

Смеси	Содержание в корме, в долевом соотношении к общему количеству корма		Требуется на 1 гол., единиц корма
	$m$	$n$	
А	0,1	0	0,4
В	0	0,1	0,6
С	0,1	0,2	2
Д	0,2	0,1	1,7
Цена, усл. д. ед./ц	10	4	–

### **Методика выполнения**

Прямая задача:

$x_1$  – количество корма  $m$ ;

$x_2$  – количество корма  $n$ .

1.  $0,1 x_1 \geq 0,4$ ;

2.  $0,1 x_2 \geq 0,6$ ;

3.  $0,1 x_1 + 0,2 x_2 \geq 2$ ;

4.  $0,2 x_1 + 0,1 x_2 \geq 1,7$ .

$$F_{\min} = 10 x_1 + 4 x_2.$$

Двойственная задача:

$y_1$  – оценка смеси А;

$y_2$  – оценка смеси В;

$y_3$  – оценка смеси С;

$y_4$  – оценка смеси D.

5.  $0,1 y_1 + 0,1 y_3 + 0,2 y_4 \leq 10$ .

Оценка смеси А, в состав которой входит 0,1 ед. корма  $m$ , плюс оценка смеси С, в состав которой входит 0,1 ед. корма  $m$ , плюс оценка смеси D, в состав которой входит 0,2 ед. корма  $m$ , не должна превышать 10 усл. д. ед.

6.  $0,1 y_2 + 0,2 y_3 + 0,1 y_4 \leq 4$ .

$$F_{\max} = 0,4 y_1 + 0,6 y_2 + 2 y_3 + 1,7 y_4.$$

### **Задания**

**Задание 1.** На основании прямой задачи составить двойственную:

$$F_{\min} = 7 x_1 - 10 x_2 + 2 x_3;$$

$$5 x_1 + 2 x_2 + x_3 \leq 9;$$

$$2 x_1 + x_2 - 4 x_3 \geq 14;$$

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, 3.$$

**Задание 2.** По данным анализа, в хозяйстве целесообразно возделывать зерновые культуры, многолетние травы на зеленый корм, кукурузу на силос.

Производственные ресурсы предприятия: пашня – 1504 га, трудовые ресурсы – 24 920 чел.-дн. Типовое скотоводческое помещение позволяет содержать 400 коров. Расход ресурсов на единицу отрасли, выход товарной продукции с 1 га посевов или от 1 головы животных представлены в табл. 53.

Таблица 53

Расход ресурсов на единицу отрасли, выход товарной продукции  
с 1 га посевов или от 1 гол. животных

Показатель	Зерновые, га	Многолетние травы на зеленый корм, га	Кукуруза на силос, га	Коровы, гол.
Расход годового труда, чел.-дн.	6	4	5	20
Расход кормов, ц к. ед.	–	–	–	50
Выход корма с 1 га, ц к. ед.	10	20	25	–
Производство товарной продукции, ц	30 (зерно)	–	–	50 (молоко)
Цена, усл. д. ед./ц	20	–	–	30

Необходимо:

1. Записать условия экономико-математической задачи по оптимизации сочетания отраслей (на максимум стоимости товарной продукции).

2. Ввести двойственные экономико-математические оценки по ограничениям задачи.

3. Составить двойственную экономико-математическую задачу.

**Задание 3.** Имеется два вида кормов:  $h_1$  и  $h_2$ . При их различном соотношении можно получить 4 вида смесей: А, В, С и D (табл. 54).

Необходимо минимизировать затраты на корма. На основании прямой задачи составить двойственную экономико-математическую задачу.

Таблица 54

Состав смесей кормов

Смеси	Содержание в корме, в долевом соотношении к общему количеству корма		Требуется на 1 гол., единиц корма
	$h_1$	$h_2$	
А	0,2	0	0,5
В	0	0,3	0,7

Смеси	Содержание в корме, в долевом соотношении к общему количеству корма		Требуется на 1 гол., единиц корма
	$h_1$	$h_2$	
С	0,2	0,1	1,9
D	0,1	0,2	1,6
Цена, усл. д. ед./ц	11	5	–

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о двойственных экономико-математических оценках и их смысловое содержание.
3. Краткое описание алгоритма построения двойственной экономико-математической задачи на основе прямой ЭМЗ.
4. Выводы.

#### Лабораторная работа № 11

### МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ФОНДООСНАЩЕННОСТИ ОТРАСЛЕЙ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

*Цель работы – освоение методики формирования фондооснащенности отраслей сельского хозяйства.*

#### Теоретические сведения

В практике планирования и прогнозирования фондооснащенности отраслей сельского хозяйства широкое распространение получил нормативный метод. Его главная особенность состоит в том, что показатели фондооснащенности рассчитываются на условные средние размеры отраслей при различных уровнях продуктивности скота и урожайности сельскохозяйственных культур. Поскольку показатели конкретных сельхозорганизаций отличаются индивидуальными особенностями – составом технических средств, их износом, размерами отраслей и другими качественными характеристиками, то всегда имеется необходимость адаптации нормативных

показателей фондооснащенности к условиям конкретных сельхозпроизводителей. Данная методика включает следующие этапы:

1. По данным отчетного года определяем перечень и размеры всех отраслей и производств: площади посева сельскохозяйственных культур, поголовье животных или производство продукции, т. е.  $\bar{x}_j$  – размер отрасли  $j$ , которых множество –  $J_0$ .

2. Определяем фактическую среднегодовую стоимость основных производственных фондов ( $S_0$ ) в условных денежных единицах (при инфляции более 5–6 % в год это необходимо для обеспечения сопоставимости показателей за ряд лет).

3. Принимаем нормативную фондооснащенность отрасли  $j$  для данного региона  $f_j^0$ .

4. Определяем стоимость основных производственных фондов (ОПФ) товаропроизводителя ( $S_1$ ) при нормативной фондооснащенности  $f_j^0$  и фактических размерах отраслей и производств  $\bar{x}_j$ :

$$S_1 = \sum_{j \in J_0} \bar{x}_j f_j^0.$$

5. Определяем коэффициент корректировки ( $K$ ) параметра  $S_1$  до фактической среднегодовой стоимости ОПФ хозяйства:

$$K = \frac{S_0}{S_1}.$$

6. Определяем фактическую ( $f_j$ ) фондооснащенность отрасли  $j$  данного хозяйства в отчетном году при фактических размерах отраслей и интенсивности производства:

$$f_j = kf_j^0.$$

Перспективную фондооснащенность отраслей ( $f_j^x$ ) можем определить по формуле

$$f_j^x = 0,8f_j + 0,2f_j \frac{y_j^x}{y_j^0},$$

где  $y_j^x$ ,  $y_j^0$  – соответственно, прогнозная и фактическая урожайность сельхозкультуры или продуктивность животного, т. е. отрасли  $j$ .

Приведенная методика хотя и позволяет обосновать ориентиры в развитии материально-технической базы сельхозорганизации (аграрного формирования), однако отличается рядом условностей. Она допускает, что:

- фактические размеры отраслей близки к нормативным, которые, в свою очередь, близки к оптимальным;
- фактическая урожайность сельхозкультур (продуктивность кормовых угодий), продуктивность сельхозживотных совпадают с нормативной;
- другие показатели, кроме отмеченных выше, слабо влияют на формирование фондооснащенности.

Более точной будет методика, учитывающая влияние важнейших факторов каждой отрасли (размер отрасли, объем производства продукции и общие затраты труда) на формирование фондооснащенности. В первую очередь, фондооснащенность отраслей тесно связана с размерами отраслей, объемом производства и затратами живого труда. С увеличением размеров отраслей фондооснащенность снижается, так как уменьшается в расчете на гектар посева сельхозкультур или на голову животного стоимость фондов общего пользования. Рост объемов производства, как следствие роста урожайности сельхозкультур или продуктивности животных, увеличивает потребность в транспортных средствах и оборудовании по доработке урожая. Увеличение объема технических средств требует при примерно равной его производительности, привлечения дополнительной рабочей силы.

С учетом вышеизложенного, фондооснащенность отраслей хозяйства может быть обоснована по следующей методике:

- по данным на начало планового периода 20-ти и более хозяйств рассчитываем коэффициенты парной корреляции между стоимостью основных производственных фондов ( $F_0$ ) сельхозорганизации и тремя, указанными выше, показателями всех отраслей  $x_{ij}$ , т. е.  $r_{F_0 x_{ij}}$ ;

– определяем стоимость ОПФ ( $f_r$ ), в расчете на единицу коэффициента  $D$ :

$$f_r = \frac{F_0}{\sum_{i \in I_0} \sum_{j \in J_0} r_{F_0 x_{ij}}}, \quad D = \sum_{i \in I_0} \sum_{j \in J_0} r_{F_0 x_{ij}},$$

где  $i, I_0$  – соответственно, номер и множество показателей, характеризующих отрасль сельского хозяйства;

$j, J_0$  – номер и множество отраслей;

– фактическая фондооснащенность отрасли

$$f_j^0 = \frac{f_r \sum_{i \in I_0} r_{F_0 x_{ij}}}{\bar{x}_j},$$

где  $\bar{x}_j$  – размер отрасли  $j$ , т. е. площадь посева или поголовье животных.

Прогнозную фондооснащенность отраслей кооперативов ( $f_j^x$ ) определяем по формуле

$$f_j^x = 0,8 f_j^0 + 0,2 f_j^0 \frac{y_j^n}{y_j^o},$$

где  $y_j^x, y_j^o$  – соответственно, прогнозная и фактическая урожайность (продуктивность) на 1 га сельхозкультур или на 1 гол.

### **Пример 1**

1. Размеры отраслей сельхозорганизации в отчетном году характеризовались следующими величинами: зерновые озимые – 250 га, зерновые яровые – 350 га, картофель – 80 га и т. д.

2. Среднегодовая стоимость ОПФ ( $S_0$ ) хозяйства составляет 2 880 000 усл. д. ед.



3. Нормативная фондооснащенность отраслей при сравнимой с хозяйством значениях урожайности сельхозкультур и продуктивности животных составила, усл. д. ед. на 1 га: зерновые озимые – 650, зерновые яровые – 550, картофель – 1800 и т. д.

**Методика выполнения**

Определяем стоимость ОПФ ( $S_1$ ) при нормативной фондооснащенности отраслей  $f_j^0$  и фактических размерах отраслей и производств –  $x_j$ .

$$S_1 = 250 \cdot 650 + 350 \cdot 550 + 80 \cdot 1800 + \dots = 3\,600\,000 \text{ усл. д. ед.}$$

Определяем коэффициент корректировки, К:

$$K = \frac{2\,880\,000}{3\,600\,000} = 0,8.$$

Фактическая фондооснащенность отраслей  $f_j$  составит:

– зерновые озимые –  $650 \cdot 0,8 = 520$  усл. д. ед.

– зерновые яровые –  $550 \cdot 0,8 = 440$  усл. д. ед.

– картофель –  $1800 \cdot 0,8 = 1440$  усл. д. ед.

**Пример 2**

Сумма парных коэффициентов корреляции  $\sum_{i \in I_0} r_{F_0 x_{ij}}$  составила 14,6, стоимость ОПФ ( $F_0$ ) – 4 200 тыс. усл. д. ед., тогда:

$$f_r = \frac{4234}{14,6} = 290 \text{ тыс. усл. д. ед.}$$

**Методика выполнения**

Площадь посева зерновых –  $x_1$  составила 625 га. Коэффициенты парной корреляции между стоимостью ОПФ ( $F_0$ ) и показателями (размер отрасли –  $x_{11}$ , объем производства продукции –  $x_{12}$ , затраты труда –  $x_{13}$ ), соответственно, равны:  $r_{F_0 x_{11}} = 0,412$ ;  $r_{F_0 x_{12}} = 0,360$ ;  $r_{F_0 x_{13}} = 0,388$ .

В этом случае фактическая фондооснащенность зерновых

$$f_j^o = \frac{(0,412 + 0,360 + 0,388) \cdot 290\,000}{625} = 540 \text{ усл. д. ед.,}$$

прогнозная фондооснащенность зерновых

$$f_j^n = 0,8 \cdot 540 + 0,2 \cdot 540 \frac{37,1}{28,0} = 715,5 \text{ усл. д. ед.,}$$

где 37,1 и 28,0 – соответственно, прогнозная и фактическая урожайность зерновых культур, ц/га.

### Задания

**Задание 1.** Размеры отраслей сельскохозяйственной организации в отчетном году характеризовались следующими величинами:

озимые зерновые – 450 га;

яровые зерновые – 300 га;

картофель – 90 га.

Нормативная фондооснащенность отраслей:

озимые зерновые – 600 усл. д. ед./га;

яровые зерновые – 500 усл. д. ед./га;

картофель – 2000 усл. д. ед./га.

Фактическая урожайность:

озимые зерновые – 35 ц/га;

яровые зерновые – 40 ц/га;

картофель – 225 ц/га.

Прогнозная урожайность:

озимые зерновые – 42 ц/га;

яровые зерновые – 47 ц/га;

картофель – 237 ц/га.

Среднегодовая стоимость ОПФ хозяйства составила 510 000 усл. д. ед.

Рассчитать фондооснащенность отраслей: озимых зерновых, яровых зерновых, картофеля.

**Задание 2.** Рассчитайте фондооснащенность отраслей: картофелеводства, свиноводства.

Исходная информация:

1. Сумма парных коэффициентов корреляции:

$$\sum_{i \in I_0} r_{F_0 x_{ij}} = 24,8.$$

2. Общая стоимость основных производственных фондов (ОПФ) на начало планового периода, усл. д. ед.: 2 800 000.

3. Коэффициенты парной корреляции между ОПФ ( $S_0$ ) и параметрами отраслей составляют (табл. 55):

Таблица 55

Коэффициенты взаимосвязи между ОПФ и отдельными параметрами отраслей

Отрасль	Парные коэффициенты корреляции между ОПФ ( $S_0$ ) и параметрами отраслей		
	Объем производства продукции, т	Затраты труда, тыс. чел.-ч	Размеры отраслей (га, гол.)
Картофелеводство	0,54	0,64	0,60
Свиноводство	0,55	0,68	0,70

4. Размеры отраслей составляют: площадь посева картофеля – 80 га, поголовье свиней – 860 гол.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о методах планирования и прогнозирования фондооснащенности отраслей сельского хозяйства.
3. Краткое описание порядка определения фондооснащенности отраслей растениеводства и животноводства с указанием полученных численных значений.
4. Выводы.

Лабораторная работа № 12  
**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ДОГОВОРНЫХ ПОСТАВОК  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

*Цель работы – освоение методики формирования договорных поставок сельскохозяйственной организации.*

**Теоретические сведения**

При обосновании объема договорных поставок возможны два подхода.

Один из подходов состоит в использовании обобщенных стоимостных показателей производства товарной продукции в целом и договорных поставок в частности.

Чтобы обосновать объем договорных поставок, необходимо определить норматив производства товарной продукции (ТП) или денежной выручки (ДВ) на основе корреляционной модели (КМ).

Методика обоснования норматива производства товарной продукции на основе корреляционной модели заключается в следующем.

Факторы КМ:

$x_1$  – ОПФ, тыс. усл. д. ед.;

$x_2$  – производственные затраты без амортизации, или оборотные средства, тыс. усл. д. ед.;

$x_3$  – среднегодовая численность работников, тыс. чел.;

$x_4$  – оплата среднегодового работника, усл. д. ед.;

$x_5$  – площадь с.-х. угодий, га;

$x_6$  – балл с.-х. угодий;

$x_7$  – энергетические мощности, л. с.;

$x_8$  – услуги с.-х. химии, тыс. усл. д. ед.;

$x_9$  – услуги с.-х. техники, тыс. усл. д. ед.

Методика обоснования:

1. Выбираем год, для которого обосновываем объем договорных поставок.

2. Рассчитываем параметры КМ:  $y_x = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$ ,

где  $y_x$  – ожидаемая стоимость ТП или денежная выручка,

$a_i$  – коэффициент регрессии,

$x_i$  – объем ресурса вида  $i$ ,

$F_1 > 1,5$ ;  $t_R > 2,48$ ;  $t_{aj} > 1,97$ .

3. На основе сравнения расчетных и фактических значений результативного показателя выделяем 3 группы хозяйств по эффективности использования ресурсов:

- 1) выше среднего  $y_0 > y_x$ ;
- 2) средний  $y_0 = y_x$ ;
- 3) ниже среднего  $y_0 < y_x$ .

Определяем коэффициенты эффективности использования ресурсов, которые равны отношению фактических  $y_0$  к ожидаемым  $y_x$  значениям результативного показателя:  $k_n = y_0 : y_x$ .

4. Определяем объем переходящих ресурсов на планируемый год. Для этого учитываем тенденции изменения и формирования ресурсов в предшествующие 2–3 года. Поставим полученные значения в приведенную выше КМ с учетом коэффициента эффективности  $k_n$  в разрезе отмеченных выше групп ( $n = 1, 2, 3$ ). Определим норматив производства ТП в планируемом году на переходящие ресурсы:

$$y_n = k_n (a_0 + \sum a_i x_i).$$

Следует учитывать, что возможность перехода хозяйств одной группы в другую.

5. Определяем приращение ресурсного потенциала предприятий в разрезе каждого из ресурсов на планируемый год. Обоснованием для этого может служить перспективная программа развития.

6. Рассчитываем приращение стоимости товарной продукции на ресурсы приращения  $\Delta x_i$ . Поскольку указанные ресурсы приращения должны обеспечить пропорциональное развитие экономики, то коэффициенты их эффективности должны быть равными ( $k_1 = k_2 = k_3 = 1$ ). Таким образом, приращение стоимости товарной продукции на ресурсы приращения  $\Delta x_i$  равно:

$$\Delta y_n = k_n (a_0 + \sum a_i \Delta x_i).$$

7. Норматив производства товарной продукции по каждому из предприятий будет состоять из приходящейся на переходящие ресурсы и ресурсы приращения:

$$y_n^x = y_n + \Delta y_n.$$

Объем договорных поставок составит на начальном этапе основную часть продукции. Рыночный фонд призван укрепить

денежное обращение и курс денежной единицы, сбалансировать спрос на продукцию. Договорные поставки в условиях рынка должны быть гарантированы при любом природном исходе. С учетом этого договорные поставки  $q_n$  в разрезе групп предприятий ( $n = 1, 2, 3$ ) составят  $q_n = p_n y_n^x$  при  $p_1 = 0,8$ ;  $p_2 = 0,76$ ;  $p_3 = 0,72$ , соответственно, 80 % от норматива производства товарной продукции для первой группы, 76 – для второй и 72 % для третьей группы.

Чтобы определить договорные поставки отдельных видов продукции в натуре, необходимо по данным сложившейся структуры товарной продукции перечисленных групп предприятий определить стоимость отдельных видов продукции и, с учетом цен на продукцию, их объем.

### **Пример**

Спрогнозируйте норматив стоимости товарной продукции, объем договорных поставок продукции и объемы реализации отдельных видов товарной продукции сельскохозяйственной организации.

Корреляционная модель формирования стоимости товарной продукции имеет вид:

$$y_x = 70 + 0,09 x_1 + 0,77 x_2 + 0,84 x_3 + 8,1x_4 + 0,9 x_5,$$

где  $y_x$  – ожидаемая стоимость товарной продукции, тыс. усл. д. ед.;

$x_1$  – стоимость ОПФ, тыс. усл. д. ед.;

$x_2$  – стоимость производственных затрат без амортизации, тыс. усл. д. ед.;

$x_3$  – энергетические мощности, л. с.;

$x_4$  – численность среднегодовых рабочих человек, чел.;

$x_5$  – площадь с.-х. угодий, га.

Переходящие ресурсы хозяйства составят:

$x_1 = 25000$  тыс. усл. д. ед.;

$x_2 = 8250$  тыс. усл. д. ед.;

$x_3 = 10500$  л. с.;

$x_4 = 84$  чел.;

$x_5 = 2400$  га.

Приращение ресурсов на планируемый год (на 3 года вперед):

$x_1 = 3200$  тыс. усл. д. ед.;

$x_2 = 1200$  тыс. усл. д. ед.;

$$x_3 = 1500 \text{ л. с.};$$

$$x_4 = 0 \text{ чел.};$$

$$x_5 = 0 \text{ га.}$$

Договорные поставки составят 80 % от нормативной стоимости товарной продукции.

Структура товарной продукции, %:

зерно – 45,

молоко – 30,

свинина – 25.

Цена за единицу продукции, усл. д. ед./ц:

зерно – 10,

молоко – 25,

свинина – 200.

### **Методика выполнения**

1. Стоимость товарной продукции по переходящим ресурсам на планируемый год:

$$y_x = 70 + 0,09 \cdot 25000 + 0,77 \cdot 8250 + 0,84 \cdot 10500 + 8,1 \cdot 84 + 0,9 \cdot 2400 = 20\,333 \text{ тыс. усл. д. ед.}$$

2. Стоимость товарной продукции на ресурсы приращения:

$$y_x = 70 + 0,09 \cdot 3200 + 0,77 \cdot 1200 + 0,84 \cdot 1500 = 2542 \text{ тыс. усл. д. ед.}$$

3. Нормативная стоимость товарной продукции:

$$20\,333 + 2542 = 22\,875 \text{ тыс. усл. д. ед.}$$

4. Объем договорных поставок:

$$22\,875 \cdot 0,80 = 18\,300 \text{ тыс. усл. д. ед.}$$

5. Объем договорных поставок по видам продукции:

зерно –  $18\,300 \cdot 0,45 = 8235$  тыс. усл. д. ед.;

молоко –  $18\,300 \cdot 0,30 = 5490$  тыс. усл. д. ед.;

свинина –  $18\,300 \cdot 0,25 = 4575$  тыс. усл. д. ед.

6. Объем договорных поставок по видам продукции:

зерно –  $8\,235\,000 : 100 = 82\,350$  т;

молоко –  $5\,490\,000 : 250 = 21\,960$  т;

свинина –  $4\,575\,000 : 2000 = 2288$  т.

### **Задания**

**Задание 1.** Спрогнозируйте норматив стоимости товарной продукции, договорные поставки продукции хозяйства и объемы реализации продукции.

Исходная информация:

1. Корреляционная модель формирования стоимости товарной продукции имеет вид:

$$y_x = 145 + 0,11 \cdot x_1 + 0,54 \cdot x_2 + 3,9 \cdot x_3 + 1,2 \cdot x_4;$$
$$t_r = 6,7, \quad t_{ij} > 1,97, \quad F_1 = 5,1,$$

где  $y_x$  – ожидаемая стоимость товарной продукции, тыс. усл. д. ед.;

$x_1$  – стоимость ОПФ, тыс. усл. д. ед.;

$x_2$  – стоимость производственных затрат без амортизации, тыс. усл. д. ед.;

$x_3$  – численность среднегодовых рабочих, чел.;

$x_4$  – площадь сельхозугодий, га.

2. Переходящие ресурсы кооператива составляют:

$$x_1 = 7500; x_2 = 4000; x_3 = 50; x_4 = 600.$$

3. Приращение ресурсов на планируемый год (на три года вперед) характеризуется трендовыми КМ:

$$y_{x1} = y_0 + 150t; y_{x2} = y_0 + 50t; y_{x3} = y_0 + 4t; y_{x4} = y_0 + 21t.$$

4. Договорные поставки составляют 70 % от нормативной стоимости товарной продукции.

5. Структура товарной продукции, %: зерно – 15, молоко – 45, говядина – 30.

6. Цена за единицу продукции, усл. д. ед./ц: зерно – 18, молоко – 35, овядина – 260.

**Задание 2.** Спрогнозируйте норматив стоимости товарной продукции, договорные поставки продукции хозяйства и объемы реализации продукции.

Исходная информация:

1. Корреляционная модель формирования стоимости товарной продукции имеет вид:

$$y_x = 150 + 0,13x_1 + 0,46x_2 + 5,8x_3 + 1,4x_4;$$
$$t_r = 5,8, \quad t_{ij} > 1,97, \quad F_1 = 3,8,$$

где  $y_x$  – ожидаемая стоимость товарной продукции, тыс. усл. д. ед.;

$x_1$  – стоимость ОПФ, тыс. усл. д. ед.;

$x_2$  – стоимость производственных затрат без амортизации, тыс. усл. д. ед.;

$x_3$  – численность среднегодовых рабочих, чел.;

$x_4$  – площадь сельхозугодий, га.

2. Переходящие ресурсы кооператива составляют:

$$x_1 = 8000; x_2 = 3200; x_3 = 34; x_4 = 650.$$



3. Приращение ресурсов на планируемый год (на три года вперед) характеризуется трендовыми КМ:

$$y_{x1} = y_0 + 130t; y_{x2} = y_0 + 45t; y_{x3} = y_0 + 3t; y_{x4} = y_0 + 19t.$$

4. Договорные поставки составляют 65 % от нормативной стоимости товарной продукции.

5. Структура товарной продукции, %: зерно – 10, молоко – 35, говядина – 40.

6. Цена за единицу продукции, усл. д. ед./ц: зерно – 18, молоко – 35, говядина – 260.

### Содержание отчета

1. Цель работы.

2. Общие сведения о методике обоснования норматива производства товарной продукции на основе корреляционной модели и формирования договорных поставок сельскохозяйственной организации.

3. Краткое описание порядка определения норматива производства товарной продукции на переходящие ресурсы и ресурсы приращения с указанием рассчитанных численных значений.

4. Обоснование объема договорных поставок продукции и объемов реализации отдельных видов товарной продукции сельскохозяйственной организации с указанием полученных численных значений.

5. Выводы.

Лабораторная работа № 13

## ОБОСНОВАНИЕ ПРОГНОЗНЫХ И ПЛАНОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТРАСЛЕЙ, ПРОИЗВОДСТВ ИЛИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

### Теоретические сведения

Обоснование прогнозных показателей отраслей и производств на год освоения программы начинается с прогнозирования средней урожайности зерновых культур.

Для этого по данным фактической урожайности зерновых рассчитаем параметры линейной КМ:  $y_x = a_0 + a_1x$ . При этом вместо  $a_0$

принимая фактическое среднее значение урожайности зерновых ( $y_0$ ),  $x$  – плановый период.

При обосновании урожайности других сельскохозяйственных культур и продуктивности животных можно использовать два подхода:

- метод экстраполяции;
- метод корреляционно-регрессионного анализа.

При применении метода экстраполяции предполагаем, что в среднем за три года урожайность сельскохозяйственных культур может быть увеличена на 10 %.

В отраслях животноводства прогнозные показатели продуктивности среднегодовой коровы, привеса молодняка КРС и свиней можно рассчитать, учитывая улучшение кормовой базы сельскохозяйственной организации. Так, для молочного стада КРС в среднем прирост продуктивности составляет 15 % за три года. Для КРС на выращивании и откорме и для свиней на откорме среднесуточный привес одной головы может быть увеличен в среднем на 15 % за три года.

Увеличение концентрации производства, совершенствование технологий в отраслях растениеводства и животноводства предполагает снижение затрат ресурсов на единицу отрасли за три года:

- в растениеводстве – на 5 %;
- в животноводстве – на 5 %.

Затраты труда в напряженный период (в % от годовых): на производство зерновых, зернобобовых, рапса, кормовых культур (кроме корнеплодов) составят 45 %, льна, картофеля, кормовых корнеплодов, сахарной свеклы, овощей – 65, в животноводстве – 33 %.

При применении метода корреляционно-регрессионного анализа для расчета прогнозных показателей растениеводства и животноводства используем систему эконометрических информационных моделей.

При обосновании урожайности сельскохозяйственных культур нужно использовать КМ соотношения средней урожайности зерновых и этих культур. После расчета параметры этих КМ будут иметь следующий вид:

$$y_j^x = a_0 x_j^{a_1},$$

где  $y_j^x$  – перспективная урожайность сельскохозяйственных культур хозяйства  $j$ ;

$x_j$  – средняя перспективная урожайность зерновых культур хозяйства  $j$ ;

$a_0, a_1$  – параметры КМ.

Для большинства сельскохозяйственных организаций КМ формирования их урожайности ( $y$ ) в зависимости от урожайности зерновых ( $x_j$ ) при  $R = 0,680 \div 0,906$  имеют следующий вид:

картофель:  $y_j^x = 31,7x_j^{0,581}$ ;

кормовые корнеплоды:  $y_j^x = 51,69x_j^{0,649}$ ;

овощи: увеличиваем фактическую урожайность овощей по хозяйству  $j$  на 8 %;

сахарная свекла:  $y_j^x = 0,63(51,9x_j^{0,649})$ ;

рапс: увеличиваем фактическую урожайность рапса по хозяйству  $j$  на 10 %;

кукуруза на силос (зеленая масса):  $y_j^x = 53,3x_j^{0,496}$ ;

сенокосы на сено:  $y_j^x = 1,4x_j - 3,3$ ;

сенокосы на сенаж: выход сенажа в 2,5 раза больше, чем сена;

многолетние травы на сено:  $y_j^x = 8,0x_j^{0,535}$ ;

многолетние травы на зеленый корм:  $y_j^x = 4,5(8,0x_j^{0,535})$ ;

многолетние травы на сенаж: 55 % от урожайности многолетних трав на зеленый корм;

семена многолетних трав:  $y_j^x = 0,508x_j^{0,571}$ ;

льносемена:  $y_j^x = 0,073x_j^{1,219}$ ;

льносоломка:  $y_j^x = 22,6x_j^{0,519}$ , где  $x_j$  – урожайность льносемян хозяйства  $j$ ;

однолетние травы на зеленый корм:  $y_j^x = 2,76x_j^{1,083}$ ;

озимая рожь на зеленый корм:  $y_j^x = 2,5x_j$ ;

пастбища на зеленый корм:  $y_j^x = 4(1,4x_j - 3,3)$ ;

пастбища на сенаж: 55 % от урожайности пастбищ на зеленый корм.

В случае значительного отклонения прогнозной урожайности от фактической используются данные фактической урожайности, увеличенные на 10 %.

Продуктивность среднегодовой коровы, привеса молодняка КРС и свиней можно рассчитать, в зависимости от фактической продуктивности на начало планового периода и приращения урожайности зерновых культур:

$$y_j^x = y_j^0 e^{\frac{\Delta u_j}{y_j^0 \sqrt{a \lg t}}} \quad (\text{при } \Delta u \text{ от 1 до 20; } t \text{ от 1 до 20),$$

где  $y_j^x, y_j^0$  – соответственно, перспективная продуктивность животных и ее значение на начало планового периода в хозяйстве  $j$ ;

$t$  – продолжительность планового периода;

$\Delta u_j$  – приращение урожайности зерновых, т. е. разность между перспективной и фактической урожайностью в хозяйстве  $j$ ;

$\lg$  – десятичный логарифм;

$a$  – коэффициент регрессии.

В результате расчетов получены следующие модели при  $\eta = 0,760 \div 0,870$ .

Надой молока на среднегодовую корову, ц:

$$y_j^x = y_j^0 e^{\frac{\Delta u_j}{y_j^0 \sqrt{2,6 \lg t}}};$$

среднесуточный привес молодняка КРС, г:

$$y_j^x = y_j^0 e^{\frac{\Delta u_j}{y_j^0 \sqrt{0,0054 \lg t}}};$$

среднесуточный привес свиней, г:

$$y_j^x = y_j^0 e^{\frac{\Delta u_j}{y_j^0 \sqrt{0,024 \lg t}}}$$

Расход питательных веществ (ц к. ед.) на производство 1 ц продукции животноводства определяется КМ:

$$\text{молоко: } y_j^x = 0,63 + \frac{20,7}{x_2}, \eta = 0,822,$$

где  $x_2$  – надой молока на 1 корову за год, ц;

$$\text{привес КРС: } y_j^x = 4,3 + \frac{3,03}{x_2}, \eta = 0,904,$$

где  $x_2$  – среднесуточный привес, кг;

$$\text{привес свиней: } y_j^x = 3,1 + \frac{1,52}{x_2}, \eta = 0,922,$$

где  $x_2$  – среднесуточный привес, кг.

Затраты труда (чел.-ч) на 1 га или среднегодовую (среднюю) голову можно рассчитать по КМ в зависимости от фактических затрат труда на начало планового периода и урожайности сельхозкультуры или среднегодовой продуктивности животного, ц.

КМ для большинства хозяйств имеют следующий вид:

$$y_j^x = 0,8x_j + 0,2k_j \frac{y_j}{y_0},$$

где  $x_j$  – фактические затраты труда на 1 га сельскохозяйственной культуры отрасли  $j$ , чел.-ч;

$k_j$  – нормативные затраты труда на 1 га сельскохозяйственной культуры отрасли  $j$ , чел.-ч (табл. 56);

$y_i, y_0$  – соответственно, прогнозная и фактическая на начало планового периода урожайность сельскохозяйственной культуры отрасли  $j$ , ц/га;

многолетние травы:  $y_j^x = p_j \left( 0,8x_j + 0,2 \cdot 18 \frac{y_j}{y_0} \right)$  при  $p_j$  для сена – 1,0; зеленого корма – 0,3; сенажа – 0,9;

однолетние травы на зеленый корм:  $y_j^x = 0,3 \cdot \left( 0,8x_j + 0,2 \cdot 18 \frac{y_j}{y_0} \right)$ ;

сенокосы:  $y_j^x = p_j \left( 0,8x_j + 0,2 \cdot 23 \frac{y_j}{y_0} \right)$  при  $p_j$  для сена – 1,0; сенажа – 0,8.

Нормативные затраты труда  $k_j$  на 1 га  
сельскохозяйственной культуры отрасли  $j$ , чел.-ч

Культура	$k_j$
Яровые зерновые	35
Озимые зерновые, рапс	37
Зернобобовые	42
Картофель	130
Корнеплоды (и овощи)	150
Сахарная свекла	85
Лен	170

Затраты труда на 1 га пастбищ составляют 0,22 от соответствующих на 1 га сенокосов, на 1 га озимой ржи на зеленый корм – 0,37 от затрат труда на 1 га зерновых.

Затраты труда на 1 га пожнивных культур составляют 0,88 от соответствующих на 1 га однолетних трав на зеленый корм.

Для среднегодовой коровы затраты труда

$$y_j^x = 0,8x_j + 0,2 \cdot 140 \frac{y_j}{y_0}.$$

Для среднегодовой головы молодняка КРС

$$y_j^x = 0,8x_j + 0,2 \cdot 26 \frac{y_j}{y_0}.$$

Для средней головы молодняка свиней

$$y_j^x = 0,8x_j + 0,2 \cdot 12 \frac{y_j}{y_0}.$$

Хозяйство может закупать комбикорма по цене на 10 % выше стоимости зерна, а также обрат по цене 10 % от стоимости молока. Желательно ограничить покупку комбикорма объемом, не превышающем соответствующий показатель отчетного периода.

Минимальные размеры отраслей составят: зерновые – 40 % от площади пашни.

Максимальные размеры отраслей составят: зерновые – 60 %. Площадь посева льна-долгунца, картофеля, сахарной свеклы и других товарных культур может возрасть ежегодно на 6–8 %. Суммарная площадь посева трудоемких культур (лен, картофель, овощи, кормовые корнеплоды и сахарная свекла), с учетом совпадения времени уборки, составляет не более 12 % от площади пашни. Площадь посева озимых зерновых составляет не менее 25 и не более 40 % от всей площади посева зерновых. Площадь посева зернобобовых – от 7 до 10 % от площади зерновых.

Поголовье животных всех видов может возрасть ежегодно на 2–3 %, следовательно, максимальное увеличение поголовья за три года – на 10 % по сравнению с фактическим. Уменьшение поголовья более чем на 5 % от фактического не допускается. Поголовье основного стада свиней планируется сохранить на уровне отчетного года. Поголовье свиней на откорме может быть увеличено за планируемый период на 10 %.

План реализации товарной продукции должен в среднем расти не менее, чем на 3 % в год. Из всей произведенной товарной продукции 70–80 % составят договорные поставки, а остальное – рыночный фонд.

При построении модели будет учтена реализация товарной продукции государству и на рынок. Рыночная надбавка составляет 20 %.

**Пример.** Спрогнозируйте урожайность сельскохозяйственных культур кооператива на перспективу (на три года вперед), если средняя прогнозная урожайность зерновых культур ожидается 63,4 ц/га.

#### **Методика выполнения**

При обосновании урожайности сельскохозяйственных культур нужно использовать КМ соотношения урожайности зерновых и этих культур. После расчета параметры этих КМ будут иметь следующий вид:

$$y_j = a_0 \cdot x_j^{a_i},$$

где  $y_j$  – урожайность с.-х. культур  $j$ -го хозяйства;

$x_j$  – средняя перспективная урожайность зерновых культур  $j$ -го хозяйства;

$a_0, a_1$  – параметры КМ.

Рассчитаем прогнозную урожайность картофеля:

$$y_x = 31,7 \cdot x^{0,581} = 31,7 \cdot 63,4^{0,581} = 353,2 \text{ ц/га.}$$

Рассчитаем прогнозную урожайность сахарной свеклы:

$$y_x = 0,63 \cdot 51,9 \cdot x^{0,649} = 0,63 \cdot 51,9 \cdot 63,4^{0,649} = 483,1 \text{ ц/га.}$$

Рассчитаем прогнозную урожайность многолетних трав на сено:

$$y_x = 8 \cdot x^{0,535} = 8 \cdot 63,4^{0,535} = 73,7 \text{ ц/га.}$$

Рассчитаем прогнозную урожайность многолетних трав на зеленый корм:

$$y_x = 4,5 \cdot 8 \cdot x^{0,535} = 4,5 \cdot 8 \cdot 63,4^{0,535} = 331,5 \text{ ц/га.}$$

Рассчитаем прогнозную урожайность однолетних трав на зеленый корм:

$$y_x = 2,76 \cdot x^{1,083} = 2,76 \cdot 63,4^{1,083} = 246,9 \text{ ц/га.}$$

Рассчитаем прогнозную урожайность кукурузы на силос:

$$y_x = 53,3 \cdot x^{0,496} = 53,3 \cdot 63,4^{0,496} = 417,4 \text{ ц/га.}$$

Рассчитаем прогнозную урожайность сенокосов на сено:

$$y_x = 1,4 \cdot x - 3,3 = 1,4 \cdot 63,4 - 3,3 = 85,5 \text{ ц/га.}$$

Рассчитаем прогнозную урожайность пастбищ на зеленый корм:

$$y_x = 4 (1,4 \cdot x - 3,3) = 4 (1,4 \cdot 63,4 - 3,3) = 341,8 \text{ ц/га.}$$

### Задания

**Задание 1.** Спрогнозируйте основные показатели растениеводческих отраслей кооператива на перспективу (на три года вперед).

Исходная информация:

1. Фактическая урожайность зерновых в среднем по кооперативу на начало планового периода составляет 37,6 ц/га.
2. Урожайность отдельных зерновых по отношению к средней характеризуется коэффициентами соотношения: озимая рожь – 0,85; ячмень – 1,28; озимая пшеница – 1,32; гречиха – 0,65.
3. Урожайность других сельскохозяйственных культур рассчитывается в зависимости от прогнозной урожайности зерновых культур.



4. Затраты труда на 1 га посева зерновых описывается КМ:

$$y_x = 16,6 + 96 : x,$$

где  $x$  – прогнозная урожайность зерновых, т/га.

5. Себестоимость 1 ц зерновых описывается КМ (усл. д. ед.):

$$y_x = 6,2 + 15,4 : x,$$

где  $x$  – прогнозная урожайность зерновых, ц/га.

**Задание 2.** Рассчитайте значения основных показателей животноводства на перспективу, если среднесуточный привес молодняка КРС составляет 420 г, продолжительность планового периода – 4 года, фактическая и перспективная урожайности зерновых культур – 34,3 ц/га и 39,9 ц/га соответственно, фактические затраты труда на 1 ц привеса молодняка КРС – 72 чел.-ч.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о методах обоснования прогнозных показателей отраслей и производств сельскохозяйственной организации.
3. Краткое описание порядка определения основных показателей растениеводческих и животноводческих отраслей сельскохозяйственной организации на перспективу с указанием полученных численных значений.
4. Выводы.

Лабораторная работа № 14

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПО ОБОСНОВАНИЮ ПЛАНОВОЙ И ПРОГНОЗНОЙ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

*Цель работы – получение практических навыков по формированию матрицы ЭМЗ большой размерности и поиску оптимального решения задачи.*

### Теоретические сведения

После составления развернутой экономико-математической модели переходим к реализации экономико-математической модели,

которая включает формирование матрицы и решение экономико-математической задачи.

Прежде чем составлять матрицу задачи, составленные ограничения преобразуют: выполняют арифметические действия и все неизвестные переносят в левую часть ограничений, а свободные члены – в правую. Например, ограничение по добавке зеленого корма для молодняка КРС имело вид  $x_{28} \leq (30,8 - 20,5)x_{15}$ , а после преобразования получено следующее выражение:

$$-10,3x_{15} + x_{28} \leq 0.$$

Всю имеющуюся информацию необходимо представить на листе Excel. В результате получим матрицу задачи. После внесения ограничений и целевой функции в матрицу, приступают к решению задачи. Выполняют команду **Данные** ⇒ **Анализ** ⇒ **Поиск решения**... Появляется диалоговое окно **Поиск решения** (рис. 7).

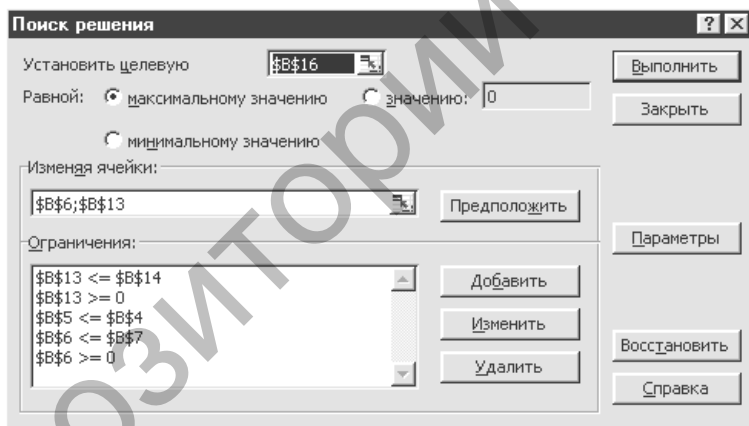


Рис. 7. Диалоговое окно «Поиск решения»

В поле **Изменяя ячейки** указываем ячейки или диапазоны ячеек, значения которых необходимо найти. Если ячеек либо диапазонов ячеек несколько, они указываются через точку с запятой. Для учета ограничений, которые накладываются на условия задачи, необходимо щелкнуть мышью по кнопке **Добавить**. Появится диалоговое окно **Добавление ограничения** (рис. 8).

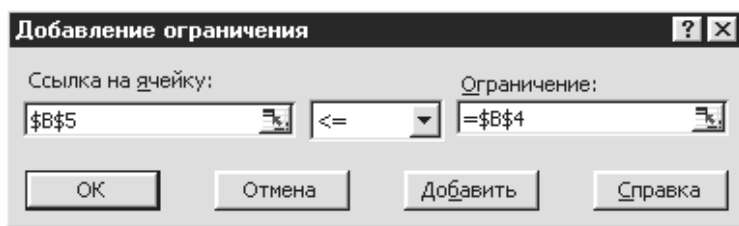


Рис. 8. Диалоговое окно «Добавление ограничения»

Введя ограничение, щелкнуть мышью по кнопке **Добавить**. После ввода последнего ограничения щелкните мышью по кнопке **ОК**. Снова появляется диалоговое окно **Поиск решения**. Теперь щелкаем мышью по кнопке **Выполнить**. После завершения расчетов появляется диалоговое окно **Результаты поиска решения**, которое может иметь вид, представленный на рис. 9.

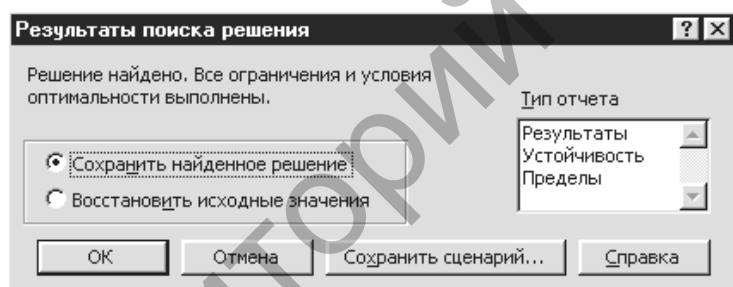


Рис. 9. Диалоговое окно «Результаты поиска решения»

Если оптимальное решение найдено, то устанавливаем переключатель **Сохранить найденное решение** и указываем тип отчета, который будет выводиться на отдельном листе в Excel (результаты, устойчивость).

### **Пример**

Цель – максимум прибыли от реализации продукции.

Исходные данные:

–ресурсы хозяйства: пашня – 970 га, пастбища – 110 га. Труд годовой – 69 000 чел.-ч. Может использоваться труд привлеченных работников (не более 5 % от годового труда). Дополнительные платежи за 1 чел.-ч привлеченного труда составят 3,9 руб.;

– в хозяйстве получили развитие зерновые, картофель, многолетние травы на зеленый корм и молочное скотоводство. Фактическое среднегодовое поголовье коров – 360 гол., допускается содержать от 95 до 110 % от имеющегося поголовья;

– возможна покупка концентратов (до 100 ц) по цене 21 руб./ц;

– технологические ограничения: зерновые – от 40 до 60 % от площади пашни. Площадь трудоемких культур – не более 12 % от площади пашни.

Показатели отраслей представлены в табл. 57.

Таблица 57

Показатели отраслей

Отрасль	Ед. изм.	Урожайность, ц/га				Себестоимость, руб./ц	Цена реализации государству, руб./ц	Затраты труда, чел.-ч на 1 га (1 гол.)
		Всего	В том числе					
			корм	товар	семена			
Зерновые продовольственные	га	31	18	11	2	16	19	18
Картофель	га	180	–	140	40	12	15	130
Многолетние травы на зеленый корм	га	160	160	–	–			9
Пастбища на зеленый корм	га	125	125	–	–			8
Молочное стадо	ц					29	35	120

– в расчете на 1 корову будет произведено 35 ц молока. Расход питательных веществ на единицу продукции (на 1 ц молока): 1,15 ц к. ед. Содержание п. п. в 1ц к. ед. – 0,105.

– расход кормов на 1 гол.:

концентраты: min – 25, max – 35;

зеленый корм: min – 40, max – 50.

– договорные поставки: зерно – 6000 ц, картофель – 15 900 ц, молоко – 11 600 ц.

– рыночная надбавка – 20 %.

*Справочная информация о содержании в 1 ц корма к. ед. и п. п.:*

концентраты: к. ед. – 1,00, п. п. – 0,105;

зеленый корм: к. ед. – 0,19, п. п. – 0,021.

### **Методика выполнения**

*Вводим неизвестные задачи*

Неизвестные данной задачи определяются исходя из ее сущности и содержания:

X1 – площадь зерновых, га;

X2 – площадь картофеля, га;

X3 – площадь многолетних трав на зеленый корм, га;

X4 – площадь пастбищ на зеленый корм, га;

X5 – поголовье коров, гол.;

X6 – привлеченный труд, чел.-ч;

X7 – добавка по концентратам для коров, ц;

X8 – добавка по зеленому корму для коров, ц;

X9 – покупка концентратов, ц;

X10 – рыночный фонд картофеля, ц;

X11 – рыночный фонд зерна, ц.

*Составляем ограничения задачи:*

1. По площади сельскохозяйственных угодий:

1.1. по площади пашни:  $X1 + X2 + X3 \leq 970$ ;

1.2. по площади пастбищ:  $X4 \leq 110$ .

2. По использованию труда:

2.1. по использованию годового труда:

$$18 \cdot X1 + 130 \cdot X2 + 9 \cdot X3 + 8 \cdot X4 + 120 \cdot X5 \leq 69\,000 + X6;$$

2.2. по привлечению трудовых ресурсов:  $X6 \leq 69\,000 \cdot 0,05$ .

3. По балансу основных видов кормов:

3.1. по балансу концентратов:  $25 \cdot X5 + X7 \leq 18 \cdot X1 + X9$ ;

3.2. по балансу зеленого корма:  $40 \cdot X5 + X8 \leq 160 \cdot X3 + 125 \cdot X4$ ;

3.3. по покупке концентратов:

$$X9 \leq 100.$$

4. По СКП:

4.1. по добавке концентратов для коров:  $X7 \leq (35 - 25) \cdot X5$ ;

4.2. по добавке зеленого корма для коров:  $X8 \leq (50 - 40) \cdot X5$ .

5. По балансу питательных веществ в основных кормах:

5.1. по балансу к. ед.:

$$35 \cdot 1,15 \cdot X5 \leq 1 \cdot (18 \cdot X1 + X9) + 0,19 \cdot (160 \cdot X3 + 125 \cdot X4);$$

5.2. по балансу п. п.:  
 $35 \cdot 1,15 \cdot 0,105 \cdot X5 \leq 0,105 (18 \cdot X1 + X9) + 0,021 (160 \cdot X3 + 125 \cdot X4)$ .

6. По балансу питательных веществ в дополнительных кормах, обозначенных СКП:

6.1. по балансу к. ед. для коров:

$$[35 \cdot 1,15 - (25 \cdot 1,0 + 40 \cdot 0,19)] \cdot X5 \leq 1 \cdot X7 + 0,19 \cdot X8;$$

6.2. по балансу п. п. для коров:

$$[40,25 \cdot 0,105 - (25 \cdot 0,105 + 40 \cdot 0,021)] \cdot X5 \leq 0,105 \cdot X7 + 0,021 \cdot X8.$$

7. Технологические ограничения:

7.1. по минимальной площади зерновых:  $X1 \geq 0,4 \cdot 970$ ;

7.2. по максимальной площади зерновых:  $X1 \leq 0,6 \cdot 970$ ;

7.3. по минимальному поголовью коров:  $X5 \geq 0,95 \cdot 360$ ;

7.4. по максимальному поголовью коров:  $X5 \leq 1,1 \cdot 360$ ;

7.5. по максимальной площади трудоемких культур:  $X2 \leq 0,12 \cdot 970$ .

8. По производству и реализации товарной продукции:

8.1. по реализации зерна:  $11 \cdot X1 = 6\,000 + X11$ ;

8.2. по реализации картофеля:  $140 \cdot X2 = 15\,900 + X10$ ;

8.3. по реализации молока:  $35 \cdot X5 \geq 11\,600$ .

9. Целевая функция – максимум прибыли

$$(19 - 16) \cdot 11 \cdot X1 + (15 - 12) \cdot 140 \cdot X2 + (35 - 29) \cdot 35 \cdot X5 - 21 \cdot X9 + 0,2 \cdot 19 \cdot X11 + 0,2 \cdot 15 \cdot X10 - 3,9 \cdot X6 - 1,1 \cdot 19 \cdot X9.$$

Преобразовываем ограничения:

Чтобы записать информацию ограничений в матрицу, необходимо предварительно выполнить следующие преобразования.

1. Раскрыть скобки.

2. Незвестные переменные перенести в левую часть, а известные величины – в правую.

3. Осуществить приведение подобных членов.

Если после этого в правой части ограничения находится отрицательный свободный член либо выражение  $\leq 0$ , то обе части ограничения умножаем на  $-1$ . Знак неравенства при этом меняется на противоположный.

Например, преобразуем ограничение 5.1, которое имеет следующий вид:

$$[35 \cdot 1,15 - (25 \cdot 1,0 + 40 \cdot 0,19)] \cdot X5 \leq 1 \cdot X7 + 0,19 \cdot X8.$$

А. Раскроем скобки:

$$7,65 \cdot X5 \leq 1 \cdot X7 + 0,19 \cdot X8.$$

Б. Перенесем неизвестные переменные в левую часть. При этом в правой части останется свободный член, равный нулю.

$$7,65 \cdot X5 - 1 \cdot X7 - 0,19 \cdot X8 \leq 0.$$

После преобразований записываем информацию ограничения в матрицу.

### ***Последовательность решения***

#### ***экономико-математической задачи с помощью MS Excel***

Поскольку данная задача решается с помощью MS Excel, то и подготовку всей исходной информации для построения экономико-математической модели целесообразно осуществлять также с использованием этого табличного процессора.

Экономико-математическая модель оптимизации программы развития сельскохозяйственной организации в матричном виде заполняется на листе «Матрица1» файла MS Excel (рис. 10).

Технико-экономические коэффициенты, оценки целевой функции (столбцы В, С, D, и т. д. до L), объемы ограничений (столбец O) определяются согласно правой части уравнений с учетом преобразований, описанных выше.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		Площадь зерновых	Площадь картофеля								Рыночный фонд картофеля	Рыночный фонд зерна			
		x1	x2								x10	x11			
1															
2															
3		Прогнозные значения													
4	По использованию пашни	1	1										0	<=	970
5	По использованию пастбищ												0	<=	110
6	По использованию годового труда	18,00	130,00										0	<=	69 000
7	По привлеченному труду												0	<=	3 450
8	По балансу концентратов	-18,00											0	<=	0
9	По балансу зеленого корма												0	<=	0
10	По покупке концентратов												0,0	<=	100
11	По добавке концентратов для коров												0	<=	0
12	По добавке зеленого корма для коров												0	<=	0
13	По балансу питательных веществ в основных кормах (по балансу КЕ)	-18,000											0	<=	0
14	По балансу питательных веществ в основных кормах (по балансу ПП)	-1,890											0	<=	0
15	По содержанию питательных веществ в дополнительных кормах (КЕ для коров)												0	<=	0
16	По содержанию питательных веществ в дополнительных кормах (ПП для коров)												0	<=	0

Рис. 10. Фрагмент экономико-математической модели оптимизации (развернутая модель дана в прилож. 1)

Также для искомых величин переменных X1, X2, X3 и т. д. до X11 оставляются пустые ячейки: соответственно B3, C3, D3 и т. д.

Столбец M (сумма произведений) предназначен для определения суммы произведений значений искомых неизвестных (ячейки B3, C3, D3 и т. д.) и технико-экономических коэффициентов по соответствующим ограничениям (строк 4–24) и целевой функции (строка 25).

Например, формула нахождения суммы произведений для строки 4 с ограничением «По использованию пашни» (для ячейки M4) следующая:

=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$L\$3;B4:L4)

Таким образом, был построен опорный план и получено первое допустимое решение. Начальные значения неизвестных переменных X1, X2, X3 и т. д. равны нулю (в ячейки B3, C3, D3 и т. д. заносим нулевые значения), ячейки столбца M «Сумма произведений» по всем ограничениям (строкам 4–24) и целевой строке (строка 25) также имеют нулевые значения (рис. 10).

Для оптимизации имеющегося плана воспользуемся инструментом **Поиск решения**, который находится в меню **Сервис**.

Если такая команда в меню **Сервис** отсутствует, то необходимо в меню **Файл MS Excel** выбрать пункт **Параметры** и в меню **Настройка** установить флажок в поле **Поиск решения**. После этого данная процедура станет доступной в меню **Сервис**.

После выбора команды **Поиск решения** появится диалоговое окно **Параметры поиска решения**, где необходимо сделать следующее (рис. 11):

- в поле **Оптимизировать целевую функцию** ввести ссылку на ячейку, содержащую формулу расчета прибыли от реализации товарной продукции. В нашем случае это ячейка  $MS$25$ ;

- чтобы максимизировать значение конечной ячейки путем изменения значений влияющих ячеек (влияющими в данном случае являются ячейки, которые предназначены для хранения значений искомых неизвестных переменных), переключатель необходимо установить в положение *До Максимум*;

- в поле **Изменяя ячейки переменных** нужно ввести ссылки на изменяемые ячейки, указав первую и последнюю, разделяя их двоеточием  $BS$3:$L$3$ ;



– в поле **Ограничения** необходимо ввести все ограничения, накладываемые на поиск решения. Для этого в поле **В соответствии с ограничениями** диалогового окна команды **Поиск решения** необходимо выбрать функцию **Добавить**. Появится соответствующее диалоговое окно, в которое поочередно добавляем все ограничения (группы одинаковых ограничений). После описания последнего ограничения необходимо вернуться в диалоговое окно команды **Поиск решения**, нажав на виртуальную кнопку **ОК**;

– установить флажок в поле **Сделать переменные без ограничения неотрицательными**. Это позволяет установить нулевую нижнюю границу для тех влияющих ячеек, для которых она не была указана в поле **Ограничения** диалогового окна **Добавить ограничение**;

– в качестве метода решения выбираем **Поиск решения линейных задач симплекс-методом**.

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию: **SUMPRODUCT**

До:  Максимум  Минимум  Значения: 0

Изменяя ячейки переменных: \$B\$3:\$L\$3

В соответствии с ограничениями:

- \$M\$8:\$M\$9 <= \$O\$8:\$O\$9
- \$M\$4:\$M\$5 <= \$O\$4:\$O\$5
- \$M\$6 <= \$O\$6
- \$M\$10 <= \$O\$10
- \$M\$11:\$M\$12 <= \$O\$11:\$O\$12
- \$M\$13:\$M\$14 <= \$O\$13:\$O\$14
- \$M\$15:\$M\$16 <= \$O\$15:\$O\$16
- \$M\$17:\$M\$18 >= \$O\$17:\$O\$18
- \$M\$19:\$M\$21 <= \$O\$19:\$O\$21
- \$M\$22:\$M\$23 = \$O\$22:\$O\$23
- \$M\$24 >= \$O\$24

Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения: Поиск решения линейных задач симплекс-методом

Метод решения  
Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

	M	N	O
Сумма произведений			Объем ограничений
0	<=		0
0	<=		0
0	<=		0
0	<=		0
0	>=		388
0	>=		342
0	<=		582
0	<=		396
0	<=		116
0	=		6 000
0	=		15 900
0	>=		11 600
0			

Рис. 11. Диалоговое окно *Параметры поиска решения*

Для решения задачи необходимо нажать на виртуальную кнопку **Найти решение** диалогового окна команды **Поиск решения**.

Для сохранения найденного решения на листе нужно выбрать в диалоговом окне **Результаты поиска решения** опцию **Сохранить найденное решение**, а также необходимо сохранить Отчет **Результаты** (рис. 12).

	I	J	K	L	M	N	O
ка по гратам оров	Добавка по зеленому корму для коров	Покупка концентратов	Рыночный фонд картофеля	Рыночный фонд зерна	Сумма произведений		Объем ограничений
		-1,000			0	≤	0
					-18	≤	0
100					0	≤	0
05					-18	≤	0
					582	≥	388
					342	≥	342
					582	≤	582
					342	≤	396
					116	≤	116
					6 000	=	6 000
					15 900	=	15 900
					11 970	≥	11 600
		-21,00	3,00	3,80	141 779		

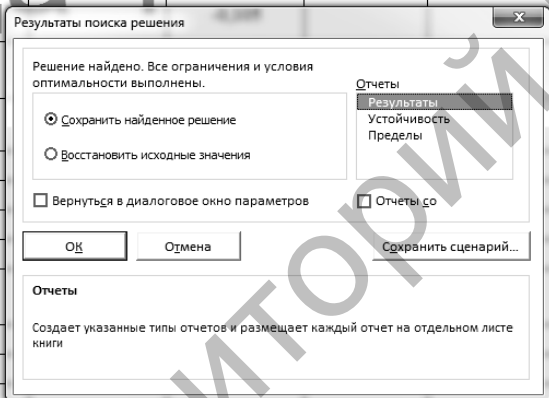


Рис. 12. Диалоговое окно команды *Результаты поиска решения*

Найденное решение представлено в Матрице (рис. 13).

Таким образом, в ячейках В3:Л3 получены значения искомым неизвестных переменных (площади посева равны с учетом округления: зерновые – 582 га; картофель – 116 га и т. д.), в ячейках М4 и М5 определены объемы используемых ресурсов (общая площадь пашни – 719 га; площадь пастбищ – 110 га,) и т. д. При этом прибыль достигает 141 779 руб.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		Площадь зерновых	Площадь картофеля	Площадь многолетних трав на зеленый корм							Рыночный фонд картофеля	Рыночный фонд зерна	Сумма произведений		Объем ограничений
		x1	x2	x3							x10	x11			
1	Прогнозные значения	582	116	21							396,00	402,00			
2	По использовано пашни	1	1	1									719	<=	970
3	По использовано пастбищ												110	<=	110
4	По использовано годового труда	18,00	130,00	9,00									67 716	<=	69 000
5	По привлеченному труду												0	<=	3 450
6	По балансу концентратов	-18,00											0	<=	0
7	По балансу зеленого корма			-160,00									0	<=	0
8	По покупке концентратов												40,5	<=	100
9	По балансу концентратов для коров												-1 454	<=	0
10	По добавке зеленого корма для коров												0	<=	0
11	По балансу питательных веществ в основных кормах (по балансу КЕ)	-18,000		-30,400									0	<=	0
12	По балансу питательных веществ в основных кормах (по балансу ПП)	-1,890		-3,360									-18	<=	0
13	По содержанию питательных веществ в дополнительных кормах (КЕ для коров)												0	<=	0
14	По содержанию питательных веществ в дополнительных кормах (ПП для коров)												-18	<=	0

Рис. 13. Фрагмент экономико-математической модели оптимизации с результатами решения

### Задания

**Задание.** Составьте ограничения и сформируйте матрицу ЭМЗ для обоснования программы развития кооператива на перспективу при цели – максимум чистого дохода.

№ – порядковый номер студента в списке подгруппы.

Исходная информация:

1. Ресурсы кооператива: пашня – 4600 + № га, годовой труд – 350 000 + № чел.-ч.

Показатели отраслей приведены в табл. 58.

Таблица 58

#### Прогнозные показатели отраслей

Наименование с.-х. культур и отраслей	Ед. изм.	Урожайность, ц/га			Потребность в кормах, ц к. ед. на 1 гол.	Затраты труда на 1 га, гол., чел.-ч	Себестоимость 1 ц., усл. д. ед.	Цена реализации государству, усл. д. ед./ц
		Всего	В том числе на корм	товарная				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зерновые: продовольственные	га	40+№	3	34+№	–	33	8,9	19,0
фуражные	га	38	33	–	–	30	8,3	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Картофель	га	120	20	70	–	95	23,1	40,0
Однолетние травы на сено	га	41	41	–	–	9	1,9	–
Откорм КРС коровы	гол./ц	–	–	–	14,8 49	20 110	240 20,2	280 35,0

2. Расход кормов на 1 гол. в год характеризуется данными (ц в натуре на 1 гол.):

Корм	min	max	min	max	к. ед. ц/ц	п. п.
Концентраты	2,2 + №	4,0	6,0	10,5	1,1	0,13
Корнеклубнеплоды	1,0	5,0	0	6,0	0,12	0,009
Сено	3,8	10	8	24,0	0,45	0,052

3. Среднесуточный привес – 0,8 кг. Надой молока – 50 + № ц в год. поголовье молодняка КРС не превышает 1460 голов, поголовье коров не более 1220 голов.

4. Зерно продовольственное, картофель и мясо КРС реализуется государству и на рынке. Государственные поставки: зерно – 2200 + № ц; картофель – 3300 ц; мясо КРС – 3800 + № ц, молоко – 48 000 ц.

Цена реализации на рынке на 20 % выше, чем при реализации государству.

5. По нормативам, обеспеченность 1 ц к. ед. переваримым протеином должна составлять:

в оптимальном рационе для коров – 0,105 ц;

в оптимальном рационе для молодняка КРС – 0,102 ц.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения об этапах реализации экономико-математической модели.
3. Краткое описание порядка формирования матрицы экономико-математической задачи.
4. Анализ полученных результатов решения экономико-математической задачи в среде Microsoft Excel.
5. Выводы.

Лабораторная работа № 15

**ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНО-ДИНАМИЧЕСКОЙ  
ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
НА ОСНОВЕ СТАТИЧЕСКОЙ**

*Цель работы – получение практических навыков по построению линейно-динамической экономико-математической модели на основе статической.*

**Теоретические сведения**

В статических экономико-математических моделях (ЭММ) не учитывается изменение эффективности использования ресурсов при изменении размеров отраслей. Прогнозные показатели отраслей и производств в статических ЭММ рассчитываются при среднем размере отрасли.

В линейно-динамической ЭММ исходные показатели отраслей или производств рассчитываются при фактическом минимальном размере отрасли на начало планового периода или при минимально-необходимом. Под минимально-необходимым понимается размер отрасли или производства, когда создаются условия для безубыточного производства при среднем уровне хозяйствования.

Линейно-динамическая ЭММ оптимизации прогнозной программы развития многоотраслевой сельхозорганизации (или отдельно взятого СПК) формируется на основе статической ЭММ посредством изменения отдельных соотношений или внесения дополнений в них.

Ключевым является соотношение по размерам товарных или главных отраслей:

а)  $x_j = W_j + \Delta x_j, j \in J_3$ ;

б)  $x_j \leq W_j^{\%}, j \in J_3$ ,

где  $\Delta x_j$  – превышение размера отрасли  $j$  сверх исходного или минимального уровня.

При увеличении размера отрасли сверх минимального уровня, т. е. с повышением уровня концентрации производства, создаются условия для улучшения экономических показателей. При этом

улучшение значений показателей по отрасли в целом происходит через параметр  $\Delta x_j$ .

Дополнительный эффект от превышения размера отрасли сверх исходного, минимального, на единицу, определяем по формуле

$$\% \mathcal{E}_{ij} = \frac{R_j^{\max} (a_{ij}^{\max x_j} - a_{ij}^{\min x_j})}{(R_j^{\max} - R_j^{\min})},$$

где  $\% \mathcal{E}_{ij}$  – экономия ресурса  $i$  при превышении размера отрасли  $j$  на единицу сверх исходного (минимального) уровня;

$a_{ij}^{\max x_j}$ ,  $a_{ij}^{\min x_j}$  – затраты (экономия) ресурса  $i$  отрасли  $j$ , соответственно, при максимальном и минимальном размере отрасли  $j$  ( $\max x_j$ ,  $\min x_j$ );  
 $R_j^{\max}$ ,  $R_j^{\min}$  – соответственно, максимальный ( $\max x_j$ ) и минимальный размер отрасли  $j$  ( $\min x_j$ ).

Таким образом, в процессе решения задачи экономические показатели главных отраслей изменяются по мере увеличения их размеров.

### **Пример**

Площадь посева зерновых в сельхозорганизации (СПК) может изменяться от минимальной – 300 га до максимальной – 500 га. Затраты труда при этом на 1 га посева составят при минимальном размере – 32 чел.-ч, при максимальном – 29 чел.-ч.

### **Методика выполнения**

При увеличении площади посева сверх 300 га на 1 га затраты труда по всей площади зерновых ( $\% \mathcal{E}_{ij}$ ) будут снижаться на 7,5 чел.-ч.

$$\% \mathcal{E}_{ij} = \frac{500(29 - 32)}{500 - 300} = -\frac{1500}{200} = -7,5 \text{ чел.-ч.}$$

Следовательно, если по результатам решения задачи площадь посева зерновых составит 400 га, то  $\Delta x_j$  составит  $400 - 300 = 100$  га, а уменьшение затрат труда на всю площадь зерновых будет равняться  $100 \cdot 7,5 = 750$  чел.-ч.

Тогда затраты труда в среднем на 1 га посева зерновых составят:

$$b_{ij} = \frac{32 \cdot 400 - 7,5 \cdot 100}{400} = \frac{12800 - 750}{400} = 30,1 \text{ чел.-ч.}$$

### Задания

**Задание.** Составьте ограничения линейно-динамической ЭММ для обоснования программы развития кооператива на перспективу при цели – максимум чистого дохода.

Исходная информация:

1. Ресурсы кооператива: пашня – 520 га, труд – 32 среднегодовых рабочих.

2. Показатели отраслей приведены в табл. 59.

Таблица 59

Прогнозные показатели отраслей

Наименование с.-х. культур и отраслей	Ед. изм.	Урожайность, ц/га			Потребность в кормах, ц к. ед./1 гол.	Затраты труда на 1 га, гол., чел.-ч	Себестоимость 1 ц., усл. д. ед.	Цена реализации государству, усл. д. ед./ц
		Всего	на корм	товарная продукция				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зерновые: продовольственные	га	46	3	40	–	36	9,9	18,0
фуражные	га	48	45	–	–	32	9,2	–
Картофель	га	220	30	140	–	120	24,7	42,0
Однолетние травы на сено	га	51	51	–	–	12	2,2	–
Откорм КРС коровы	гол./ц	–	–	–	14,8	20	190	280

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Откорм свиней	гол./ц	–	–	–	7,0	11,4	210	290

3. Расход кормов на 1 гол. в год характеризуется данными (ц в натуре на 1 гол.):

Корм	Откорм КРС		Откорм свиней	
	min	max	max	max
Концентраты	1,9	3,8	6	7,0
Корнеклубнеплоды	1,0	4,0	2	3,5
Сено	3,8	1,0	–	–

4. Среднесуточный привес: КРС – 0,82 кг, свиней – 0,5 кг. Вес теленка при рождении – 0,3 ц.

5. Зерно продовольственное, картофель и мясо КРС реализуется государству и на рынке. Цена реализации на рынке на 15 % выше, чем при реализации государству.

6. При увеличении площади посева картофеля от 40 га до 60 га затраты труда на 1 га снижаются от 77 до 70 чел.-ч.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения об этапах построения линейно-динамической экономико-математической модели оптимизации прогнозной программы развития многоотраслевой сельскохозяйственной организации на основе статической.
3. Краткое описание результатов оценки дополнительного эффекта от превышения размера отрасли сверх исходного на единицу с указанием полученных численных значений.
4. Выводы.

## Лабораторная работа № 16 ПОСТРОЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

*Цель работы – овладение практическими навыками по построению стохастической экономико-математической модели.*



## Теоретические сведения

Стохастическая ЭММ включает три блока: основной, промежуточный связующий и общий связующий.

Основной блок представлен тремя подблоками, или блоками более низкого уровня. Каждый из подблоков описывает состояние экономики многоотраслевой сельхозорганизации или СПК при каждом из трех погодных исходов – благоприятном, среднем или неблагоприятном. Перечень ограничений каждого блока совпадает.

Прогнозная информация по животноводству – продуктивность, расход ресурсов и их окупаемость по каждому из трех блоков совпадают или близкие. Совпадают во всех блоках размеры отраслей животноводства. Однако их прогнозное значение, равное при любом погодном исходе, определяется в процессе решения задачи.

Прогнозные показатели, в первую очередь, урожайность, и связанные с ней параметры отраслей растениеводства, отличаются в разрезе каждого погодного исхода.

Промежуточный связующий блок представлен переменными, обозначающими объемы транспортабельных кормов, которые могут быть зарезервированы при благоприятном и среднем погодных исходах, для использования при неблагоприятном погодном исходе.

Общий связующий блок включает ряд ограничений и  $F$ -строку.

В нем записываем ограничение по производству и распределению отдельных видов товарной продукции, а также по формированию и использованию фондов общего пользования.

В качестве целевой функции, или  $F$ -строки, используем максимум прибыли или максимум валового дохода.

### **Пример**

Составьте ограничения ЭММ для стохастической модели при цели – максимум денежной выручки.

Исходная информация:

1. Ресурсы: пашня – 4000 га, сенокосы – 80 га, пастбища – 120 га, труд – 35 чел.

2. Показатели отраслей характеризуются данными табл. 60.

## Прогнозные показатели отраслей

Наименование с.-х. культур и отраслей	Урожайность, продуктивность, ц/га (ц/гол.)			Коэффициенты соотношения к среднему исходу		Загр-ты труда, чел.-ч на 1 га, гол.	Цена реализации, усл. ед./ц	Содержится в 1 ц	
	Всего	В том числе		Благоприятный период	Неблагоприятный период			ц	ц
на корм		товарная	к. ед.			п. п.			
Озимые зерновые	48	7,5	37,5	1,15	0,95	32	18	1	0,12
Яровые зерновые	52	49		1,19	0,75	34		0,9	0,11
Многолетние травы на сено	51	51		1,08	1,15	18		0,5	0,055
Многолетние травы на сенаж	125	125		1,03	1,13	16		0,3	0,036
Природные сенокосы на сено	37	37		1,3	1,11	16		0,45	0,05
Природные сенокосы на сенаж	110	110		1,3	1,12	14		0,3	0,036
Пастбища на зеленый корм	120	120		1,3	1,12	3		0,21	0,023
Молочное стадо	49	2	47	1	1	90	43	54	5,9

3. Нормы скармливания отдельных кормов, ц на 1 гол. в год (в натуре):

Корм	min	max
Концентраты	9	16
Сено	16	24
Сенаж	20	35
Зеленый корм	65	70

4. Недостаток кормов при неблагоприятном погодном исходе будет возмещен за счет концентратов и сенажа благоприятного и среднего погодных исходов. Усушка и потери при хранения резерва составляют 15 %.

5. Вероятность наступления погодных исходов: благоприятного – 0,32, среднего – 0,35, неблагоприятного – 0,33.

6. Согласно договорам требуется реализовать, ц: молоко – 8200; зерно – 1500. Остальная продукция составляет рыночный фонд и реализуется по ценам на 15 % выше реализационных.

7. Фактическое поголовье коров на начало планового периода – 250 гол.

### **Методика выполнения**

Введем переменные для каждого погодного исхода:

Наименование переменной	Переменные для исходов		
	средний	благо- приятный	неблаго- приятный
Озимые зерновые	x1	x15	x29
Яровые зерновые	x2	x16	x30
Многолетние травы на сено	x3	x17	x31
Многолетние травы на сенаж	x4	x18	x32
Природные сенокосы на сено	x5	x19	x33
Природные сенокосы на сенаж	x6	x20	x34
Пастбища на зеленый корм	x7	x21	x35
Поголовье коров	x8	x22	x36
Добавка концентратов для коров	x9	x23	x37
Добавка сена для коров	x10	x24	x38
Добавка сенажа для коров	x11	x25	x39
Добавка зеленого корма для коров	x12	x26	x40
Резерв концентратов для неблагоприятного исхода	x13	x27	x41
Резерв сенажа для неблагоприятного исхода	x14	x28	

Составляем ограничения.

1. По использованию земельных угодий:

1.1. по использованию пашни:

$$\text{средний исход } x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 4000;$$

$$\text{благоприятный исход } x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} \leq 4000;$$

$$\text{неблагоприятный исход } x_{29} + x_{30} + x_{31} + x_{32} \leq 4000.$$

1.2. по использованию сенокосов:

$$\text{средний исход } x_5 + x_6 \leq 80;$$

$$\text{благоприятный исход } x_{19} + x_{20} \leq 80;$$

$$\text{неблагоприятный исход } x_{33} + x_{34} \leq 80.$$

по использованию пастбищ:

$$\text{средний исход } x_7 \leq 120;$$

$$\text{благоприятный исход } x_{21} \leq 120;$$

$$\text{неблагоприятный исход } x_{35} \leq 120.$$

2. По использованию годового труда:

средний исход:

$$32 \cdot x_1 + 34 \cdot x_2 + 18 \cdot x_3 + 16 \cdot x_4 + 16 \cdot x_5 + 14 \cdot x_6 + 3 \cdot x_7 + 90 \cdot x_8 \leq 35 \text{ чел.} \cdot 280 \text{ дн.} \cdot 8 \text{ ч,}$$

благоприятный исход:

$$32 \cdot x_{15} + 34 \cdot x_{16} + 18 \cdot x_{17} + 16 \cdot x_{18} + 16 \cdot x_{19} + 14 \cdot x_{20} + 3 \cdot x_{21} + 90 \cdot x_{22} \leq 35 \text{ чел.} \cdot 280 \text{ дн.} \cdot 8 \text{ ч,}$$

неблагоприятный исход:

$$32 \cdot x_{29} + 34 \cdot x_{30} + 18 \cdot x_{31} + 16 \cdot x_{32} + 16 \cdot x_{33} + 14 \cdot x_{34} + 3 \cdot x_{35} + 90 \cdot x_{36} \leq 35 \text{ чел.} \cdot 280 \text{ дн.} \cdot 8 \text{ ч.}$$

3. По балансу кормов:

3.1. по балансу концентратов:

средний исход:

$$9 \cdot x_8 + x_9 \leq 7,5 \cdot x_1 + 49 \cdot x_2 - x_{13}.$$

благоприятный исход:

$$9 \cdot x_{22} + x_{23} \leq 7,5 \cdot x_{15} \cdot 1,15 + 49x_{16} \cdot 1,19 - x_{27},$$

неблагоприятный исход:

$$9 \cdot x_{36} + x_{37} \leq 7,5 \cdot x_{29} \cdot 0,95 + 49x_{30} \cdot 0,75 + 0,85 \cdot (x_{13} + x_{27}).$$

3.2. по балансу сена:

$$\text{средний исход: } 16 \cdot x_8 + x_{10} \leq 51 \cdot x_3 + 37 \cdot x_5,$$

благоприятный исход:

$$16 \cdot x_{22} + x_{24} \leq 51 \cdot x_{17} \cdot 1,08 + 37 \cdot x_{19} \cdot 1,3,$$

неблагоприятный исход:

$$16 \cdot x_{36} + x_{38} \leq 51 \cdot x_{31} \cdot 1,15 + 37 \cdot x_{33} \cdot 1,11.$$

3.3. по балансу сенажа:

средний исход:  $20 \cdot x_8 + x_{11} \leq 125 \cdot x_4 + 110 \cdot x_6 - x_{14}$ ,

благоприятный исход:

$20 \cdot x_{22} + x_{25} \leq 125 \cdot x_{18} \cdot 1,03 + 110 \cdot x_{20} \cdot 1,3 - x_{28}$ ,

неблагоприятный исход:

$20 \cdot x_{36} + x_{39} \leq 125 \cdot x_{32} \cdot 1,13 + 110 \cdot x_{34} \cdot 1,12 + 0,85 \cdot x_{14} + x_{28}$ .

3.4. по балансу зеленого корма:

средний исход:  $65 \cdot x_8 + x_{12} \leq 120 \cdot x_7$ ,

благоприятный исход:  $65 \cdot x_{22} + x_{26} \leq 12 \cdot 0 \cdot x_{21}$ ,

неблагоприятный исход:  $65 \cdot x_{36} + x_{40} \leq 120 \cdot x_{35}$ .

4. По СКП:

4.1. СКП по концентратам:

средний исход:  $x_9 \leq (16 - 9) \cdot x_8$ ,

благоприятный исход:  $x_{23} \leq (16 - 9) \cdot x_{22}$ ,

неблагоприятный исход:  $x_{37} \leq (16 - 9) \cdot x_{36}$ .

4.2. СКП по сену:

средний исход:  $x_{10} \leq (24 - 16) \cdot x_8$ ,

благоприятный исход:  $x_{24} \leq (24 - 16) \cdot x_{22}$ ,

неблагоприятный исход:  $x_{38} \leq (24 - 16) \cdot x_{36}$ .

4.3. СКП по сенажу:

средний исход:  $x_{11} \leq (35 - 20) \cdot x_8$ ,

благоприятный исход:  $x_{25} \leq (35 - 20) \cdot x_{22}$ ,

неблагоприятный исход:  $x_{39} \leq (35 - 20) \cdot x_{36}$ .

4.4. СКП по зеленому корму:

средний исход:  $x_{12} \leq (70 - 65) \cdot x_8$ ,

благоприятный исход:  $x_{26} \leq (70 - 65) \cdot x_{22}$ ,

неблагоприятный исход:  $x_{40} \leq (70 - 65) \cdot x_{36}$ .

5. По балансу питательных веществ:

5.1. по балансу кормовых единиц:

средний исход:

$54x_8 \leq 7,5 \cdot x_1 \cdot 1 + 49 \cdot x_2 \cdot 0,9 + 51 \cdot x_3 \cdot 0,5 + 125 \cdot x_4 \cdot 0,3 + 37 \cdot x_5 \cdot 0,45 + 110 \cdot x_6 \cdot 0,3 + 120 \cdot x_7 \cdot 0,21 - x_{13} \cdot 1 - x_{14} \cdot 0,3;$

благоприятный исход:

$54 \cdot x_{22} \leq (7,5 \cdot x_{15} \cdot 1) \cdot 1,15 + (49 \cdot x_{16} \cdot 0,9) \cdot 1,19 + (51 \cdot x_{17} \cdot 0,5) \cdot 1,08 + (125 \cdot x_{18} \cdot 0,3) \cdot 1,03 + (37 \cdot x_{19} \cdot 0,45) \cdot 1,3 + (110 \cdot x_{20} \cdot 0,3) \cdot 1,3 + (120 \cdot x_{21} \cdot 0,21) \cdot 1,3 - x_{27} \cdot 1 - x_{28} \cdot 0,3;$

неблагоприятный исход:

$$54 \cdot x_{36} \leq (7,5 \cdot x_{29} \cdot 1) \cdot 0,95 + (49 \cdot x_{30} \cdot 0,9) \cdot 0,75 + (51 \cdot x_{31} \cdot 0,5) \cdot 1,15 + (125 \cdot x_{32} \cdot 0,3) \cdot 1,13 + (37 \cdot x_{33} \cdot 0,45) \cdot 1,11 + (110 \cdot x_{34} \cdot 0,3) \cdot 1,12 + (120 \cdot x_{35} \cdot 0,21) \cdot 1,12 + 0,85 \cdot (x_{13} \cdot 1 + x_{27} \cdot 1) + 0,85 \cdot (x_{14} \cdot 0,3 + x_{28} \cdot 0,3).$$

5.2. по балансу переваримого протеина:

средний исход:

$$5,9 \cdot x_8 \leq 7,5 \cdot x_1 \cdot 0,12 + 49 \cdot x_2 \cdot 0,11 + 51 \cdot x_3 \cdot 0,055 + 125 \cdot x_4 \cdot 0,036 + 37 \cdot x_5 \cdot 0,05 + 110 \cdot x_6 \cdot 0,036 + 120 \cdot x_7 \cdot 0,023 - x_{13} \cdot 0,12 - x_{14} \cdot 0,036;$$

благоприятный исход:

$$5,9 \cdot x_{22} \leq (7,5 \cdot x_{15} \cdot 0,12) \cdot 1,15 + (49 \cdot x_{16} \cdot 0,11) \cdot 1,19 + (51 \cdot x_{17} \cdot 0,055) \cdot 1,08 + (125 \cdot x_{18} \cdot 0,036) \cdot 1,03 + (37 \cdot x_{19} \cdot 0,05) \cdot 1,3 + (110 \cdot x_{20} \cdot 0,036) \cdot 1,3 + (120 \cdot x_{21} \cdot 0,023) \cdot 1,3 - x_{27} \cdot 0,12 - x_{28} \cdot 0,036;$$

неблагоприятный исход:

$$5,9 \cdot x_{36} \leq (7,5 \cdot x_{29} \cdot 0,12) \cdot 0,95 + (49 \cdot x_{30} \cdot 0,11) \cdot 0,75 + (51 \cdot x_{31} \cdot 0,055) \cdot 1,15 + (125 \cdot x_{32} \cdot 0,036) \cdot 1,13 + (37 \cdot x_{33} \cdot 0,05) \cdot 1,11 + (110 \cdot x_{34} \cdot 0,036) \cdot 1,12 + (120 \cdot x_{35} \cdot 0,023) \cdot 1,12 + 0,85 \cdot (x_{13} \cdot 0,12 + x_{27} \cdot 0,12) + 0,85 \cdot (x_{14} \cdot 0,3 + x_{28} \cdot 0,036).$$

6. По поголовью коров:  $x_8 = x_{22} = x_{36} = 250$ .

7. По производству и реализации продукции:

7.1. по производству и реализации зерна:

$$(37,5 \cdot x_1) \cdot 0,35 + (37,5 \cdot x_{15} \cdot 1,15) \cdot 0,32 + (37,5 \cdot x_{29} \cdot 0,95) \cdot 0,33 = 1500 + x_{41}.$$

7.2. по производству и реализации молока:

$$(x_8 \cdot 47) \cdot 0,35 + (x_{22} \cdot 47) \cdot 0,32 + (x_{36} \cdot 47) \cdot 0,33 \geq 8200.$$

целевая функция (максимум денежной выручки):

$$f_{\max} = [(37,5 \cdot x_1) \cdot 0,35 + (37,5 \cdot x_{15} \cdot 1,15) \cdot 0,32 + (37,5 \cdot x_{29} \cdot 0,95) \cdot 0,33] \cdot 18 + [(x_8 \cdot 47) \cdot 0,35 + (x_{22} \cdot 47) \cdot 0,32 + (x_{36} \cdot 47) \cdot 0,33] \cdot 43 + x_{41} \cdot 18 \cdot 0,15.$$

## Задания

**Задание.** Составьте ограничения ЭММ для стохастической модели при цели – максимум денежной выручки.

Исходная информация:

1. Ресурсы: пашня – 7500 га, сенокосы – 98 га, пастбища – 180 га, труд – 63 чел.

2. Показатели отраслей характеризуются данными табл. 61.

## Прогнозные показатели отраслей

Наименование с.-х. культур и отраслей	Урожайность, продуктивность, ц/га (ц/гол.)		Коэффициенты соотношения к среднему исходу		Заграты труда, чел.-ч на 1 га. гол.	Цена реализации, усл. д. ед./ц	Содержится в 1 ц		
	Всего	В том числе		Благоприятный период			Неблагоприятный период	ц	к ед.
		на корм	товарная продукция						
Озимые зерновые	37	4,5	29,5	1,15	0,95	28	18	1	0,12
Яровые зерновые	46	43		1,19	0,75	31		0,9	0,11
Многолетние травы на сено	48	48		1,08	1,15	17		0,5	0,055
Многолетние травы на сенаж	118	118		1,03	1,13	15		0,3	0,036
Природные сенокосы на сено	33	33		1,3	1,11	15		0,45	0,05
Природные сенокосы на сенаж	125	125		1,3	1,12	13		0,3	0,036
Пастбища на зеленый корм	133	120		1,3	1,12	3,5		0,21	0,023
Молочное стадо	52	2	47	1	1	120	30	54	5,9

3. Нормы скармливания отдельных кормов, ц на 1 гол. в год (в натуре):

Корм	min	max
Концентраты	9	16
Сено	16	24
Сенаж	20	35
Зеленый корм	65	70

4. Недостаток кормов при неблагоприятном погодном исходе будет возмещен за счет концентратов и сенажа благоприятного и среднего погодных исходов. Усушка и потери при хранения резерва составляют 15 %.

5. Вероятность наступления погодных исходов: благоприятного – 0,32; среднего – 0,38; неблагоприятного – 0,30.

6. Согласно договорам требуется реализовать, ц: молоко – 16 400; зерно – 1750. Остальная продукция составляет рыночный фонд и реализуется по ценам на 20 % выше государственных закупочных цен.

7. Фактическое поголовье коров на начало планового периода – 340 гол.

### **Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Общие сведения о порядке построения стохастической экономико-математической модели оптимизации прогнозной программы развития многоотраслевой сельскохозяйственной организации.
3. Блоки стохастической ЭММ.
4. Ограничения стохастической ЭММ при разных погодных исходах.
5. Выводы.

Лабораторная работа № 17  
**ПОСТРОЕНИЕ ОСНОВНЫХ БЛОКОВ  
ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ОПТИМИЗАЦИИ РАЗВИТИЯ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Цель работы – овладение практическими навыками по построению основных блоков экономико-математической модели оптимизации развития агропромышленного предприятия.*

### **Теоретические сведения**

Агропромышленное предприятие (АПП) представляет собой производственно-экономическую систему, включающую многоотраслевое



сельское хозяйство и производственное подразделение, перерабатывающее один или несколько видов сырья.

ЭММ обоснования прогнозной программы развития агропромышленного предприятия включает все соотношения и  $F$ -строку структурной ЭММ прогнозной программы развития многоотраслевой сельскохозяйственной организации.

*Дополнительные условные обозначения*

Индексация:

$I_4$  – множество видов сырья для переработки,  $I_4 \subset J_3$ ;

$r_1, R_1$  – соответственно, номер и множество сельхозорганизаций (СПК, поставщиков), которые передают ресурс, в т. ч. сырье, данному хозяйству, в т. ч. перерабатывающему подразделению;

$J_6$  – множество сельскохозяйственных отраслей по производству сырья для переработки в конечные продукты;

$m, M_0$  – соответственно, номер и множество конечных продуктов;

$m_1, M_1$  – соответственно, номер и множество однородных групп продуктов,  $m_1 \in m, M_1 \subset M_0$ ;

$m_2, M_2$  – соответственно, номер и множество конечных продуктов однородной группы, в том числе при имеющейся и усовершенствованной (новой) технологии,  $m_2 \in m, M_2 \subset M_0$ .

*Дополнительные соотношения:*

1. По производству и переработке сырья, ц:

$$\sum_{j \in J_6} d_{ij} x_j + \sum_{r_1 \in R_1} x_{r_1} = \sum_{m \in M_0} w_{im} x_m, m \in M_0; i \in I_4.$$

2. По объему закупок сырья от поставщиков:  
по общему объему закупок (поставок) сырья:

$$\sum_{r_1 \in R_1} D_{r_1} \leq E_i, i \in I_4.$$

3. По производству конечной продукции при различных технологиях, ц:

а) по общему объему производства продукции:

$$x_m = \sum_{m_1 \in M_1} \sum_{m_2 \in M_2} x_{m_1 m_2 m}, m \in M_0;$$

б) по производству однородной продукции:

$$D_m^0 \leq \sum_{m_1 \in M_1} x_{m m_1} \leq D_m^0, m \in M_0;$$

в) по производству отдельных видов однородной продукции:

$$D_{m m_1}^0 \leq x_{m m_1} \leq D_{m m_1}, m \in M_0, m_1 \in M_1.$$

4. По использованию имеющихся и вводу в действие новых или модернизируемых мощностей:

$$\sum_{m_1 \in M_1} x_{m m_1} \leq T_0 (p_m + \mathcal{K}_m^0),$$

где  $T_0$  – продолжительность работы производственной линии в течение года, смен;

$p_m$  – сменная производительность имеющейся производственной линии, ц/см;

$\mathcal{K}_m^0$  – приращение мощности производственной линии по производству конечного продукта в смену  $m$ .

5. По техническому обеспечению производственных показателей отраслей и производств агропромышленного предприятия. В левую часть соотношения вводим дополнения:

$$+ \sum_{m \in M_0} g_{im} x_m + \sum_{m_2 \in M_2} g_{im_2} \mathcal{K}_m^0 \leq Q_i.$$

6. По использованию труда в перерабатывающем подразделении:

$$\sum_{m \in M_0} b_{im} x_m \leq B_i + \lambda_i - \lambda_i', i \in I_5,$$

где  $g_{im}, g_{im_2}$  – стоимость ресурса  $i$  (основных производственных фондов) для переработки сырья с целью получения конечного продукта  $m$  или при вводе в действие новой производственной мощности  $m_2$ ;

$b_{im}$  – затраты труда вида  $i$  для производства конечного продукта вида  $m$ ;

$x_i, x_i$  – соответственно, труд вида  $i$ , получаемый или передаваемый сельхозподразделению;

$B_i$  – запасы труда вида  $i$  перерабатывающего подразделения;

$Q_i$  – наличные мощности перерабатывающего подразделения.

7. В соотношение по прибыли вносим дополнение:

$$+ \dot{P}_1 + \sum_{m \in M_0} p_{im} x_m,$$

где  $\dot{P}_i$  – прибыль перерабатывающего подразделения на начало прогнозного периода, усл. д. ед.;

$p_{im}$  – прибыль (ресурс  $i$ ) от реализации 1 ц конечного продукта  $m$ .

В  $F$ -строку вносим дополнение:

$$+ \sum_{m \in M_0} \lambda_m x_m,$$

где  $\lambda_m$  – валовой доход от реализации единицы конечного продукта  $m$ .

### **Пример**

Агропромышленное предприятие (АПП) имеет производственное подразделение по переработке молока. АПП будет перерабатывать как «собственное» молоко, так и молоко других поставщиков, если таковые будут входить в сырьевую зону АПП, или имеется необходимость в дополнительной поставке сырья. АПП может и должно производить несколько видов однородной продукции, в том числе на традиционном и модернизированном оборудовании,

закупать сырье (молоко) у нескольких поставщиков при различных условиях поставки.

Гарантированный объем поставок сырья первым поставщиком составляет 5000 ц молока, вторым – 2200 ц. Среднегодовая продуктивность одной коровы в хозяйстве составляет 41 ц. Перечень и объем производства конечных видов продукции приведен в табл. 62.

Таблица 62

Производство конечных видов продукции, ц

Вид продукции	min	max
Молоко цельное	10 000	12 000
Сметана	1300	1500
Сыр	1100	1200

Составить ограничения блока перерабатывающего производственного подразделения.

**Методика выполнения**

Развернутая ЭММ прогнозной программы агропромышленного предприятия включает все соотношения экономико-математической модели прогнозной программы развития многоотраслевой сельскохозяйственной организации и следующие дополнительные группы ограничений блока перерабатывающего производственного подразделения:

1. По производству, заготовкам сырья и производству конечных видов продукции, ц:

по производству, заготовкам молока и производству молочных продуктов, ц:

$$41x_{21} + x_{60} + x_{61} = 0,9x_{62} + 0,71x_{63} + 9,6x_{64} + 10,2x_{65} + 6x_{66} + 7,2x_{67},$$

где 41 – выход сырья (молока) в расчете на среднегодовую корову, ц;

$x_{21}$  – поголовье коров в АПП, гол.;

$x_{60}, x_{61}$  – поставки молока первым и вторым поставщиками, ц;

$x_{62}, x_{63}, 0,9; 0,71$  – выход цельного молока, соответственно, первого и второго видов (жирностью 3,2 и 2,5 %), ц;

$x_{64}, x_{65}$  – производство сыра на ранее построенной и модернизированной производственной линиях, ц;

$x_{66}, x_{67}$  – производство сметаны первого и второго видов, ц;  
9,6;10,2 – расход сырья (молока) на 1 ц сыра при модернизированной и старой технологиях, ц;  
6;7,2 – расход сырья на производство сметаны первого (20 %) и второго (26 %) видов.

2. По объему закупок сырья, ц:

2.1. по общему объему закупок:  $8600 \leq x_{60} + x_{61} \leq 9000$  ;

2.2. по гарантированному объему поставок:

первый поставщик:  $x_{60} \geq 5000$  ;

второй поставщик:  $x_{61} \geq 2200$  .

3. По производству конечной продукции, ц:

3.1. по производству конечной продукции однородного вида:

цельное молоко:  $10000 \leq x_{62} + x_{63} \leq 12000$  ;

сметана:  $1300 \leq x_{66} + x_{67} \leq 1500$  ;

3.2. по минимальному производству цельного молока:

первый вид:  $x_{62} \geq 4000$  ;

второй вид:  $x_{63} \geq 5000$  ;

3.3. по минимальному производству сметаны:

первый вид:  $x_{66} \geq 800$  ;

второй вид:  $x_{67} \geq 400$  ;

3.4. по производству сыра:  $1100 \leq x_{64} + x_{65} \leq 1200$  ;

3.5. по производству сыра на модернизированной производственной линии:

$$790 \leq x_{64} \leq 800 ;$$

3.6. по производству сыра на имеющейся производственной линии:

$$200 \leq x_{65} \leq 600 .$$

4. По использованию имеющихся и формированию новых мощностей, ц/ч:

4.1. по производству цельного молока, ц:  $\frac{x_{62} + x_{63}}{365 \cdot 2,7} \leq 5,0 + x_{68}$  ,

где 365; 2,7 – соответственно, число дней работы в году и число смен в течение дня;

5,0;  $x_{68}$  – соответственно, сменная производительность имеющейся мощности и недостающие мощности, ц/смену;

4.2. по производству сыра на модернизированной производственной линии, ц:  $\frac{x_{64} \cdot 10}{365 \cdot 2,7} + \frac{x_{65} \cdot 12}{365 \cdot 2,7} \leq 8 + 2 + x_{69}$ ,

где 10; 12 – средний срок первичного созревания сыра на производственной линии, соответственно, модернизированной и имеющейся, дней;

8; 2 – сменная производительность модернизированной и имеющейся производственных линий, ц;

$x_{69}$  – недостающие мощности модернизированные, ц.

Вводим дополнение в ограничение по потребности в основных фондах и их наличии, усл. д. ед.:

$$+220x_{62} + 220x_{63} + 1200x_{64} + 1200x_{65} + 1800x_{66} + 1640x_{67} + 270000x_{68} + 1890000x_{69} \leq +4400000,$$

где 220...1640 – стоимость основных фондов на единицу конечной продукции, у. е.;

270 000; 1 890 000 – стоимость основных фондов в расчете на единицу приращения мощностей по производству, соответственно, молока и сыра, усл. д. ед.

Вводим дополнительно ограничение по использованию труда, чел.-ч:  $0,03x_{62} + 0,03x_{63} + 0,20x_{64} + 0,31x_{65} + 0,08x_{66} + 0,08x_{67} \leq 5 \cdot 1840 + x_{70} - x_{71}$ , где 0,03; 0,2; 0,08 – затраты труда на переработку сырья в конечные продукты, чел.-ч;

$x_{70}, x_{71}$  – количество труда, получаемого от сельскохозяйственного подразделения АПП или передаваемого в сельхозподразделение АПП, чел.-ч.

В  $F$ -строку вносим следующие дополнения:

$$+7x_{62} + 4x_{63} + 80x_{64} + 70x_{65} + 40x_{66} + 55x_{67},$$

где 7...55 – прибыль (усл. д. ед.) в расчете на 1 ц конечной продукции.

### Задания

**Задание.** Составьте экономико-математическую модель оптимизации объемов производства хлебов на «Смолевическом хлебозаводе».

Производственно-экономические показатели предприятия представлены в табл. 63–67.

Таблица 63

## Расход сырья на производство 1 т продукции

Показатель	Минимальный расход муки, т		Максимальный расход муки, т	
	Хлеб «Смолевичский»	Хлеб «Орловский»	Хлеб «Смолевичский»	Хлеб «Орловский»
Мука пшеничная	0,3	0,42	0,35	0,46
Мука ржаная	0,41	0,3	0,45	0,33

Таблица 64

## Объем сырья, т

Сырье	Объем сырья
Мука пшеничная	300
Мука ржаная	450

Таблица 65

## Цены реализации конечной продукции

Наименование	Цена, усл. д. ед.
Хлеб «Смолевичский»	300
Хлеб «Орловский»	370

Таблица 66

## Производство конечных видов продукции, т

Наименование	min	max
Хлеб «Смолевичский»	400	460
Хлеб «Орловский»	240	320

Таблица 67

## Доля сухого вещества, %

Наименование	Сухое вещество
Хлеб «Смолевичский»	0,72
Хлеб «Орловский»	0,76
Мука пшеничная	0,83
Мука ржаная	0,8

## Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о порядке построения основных блоков экономико-математической модели оптимизации развития агропромышленного предприятия.
3. Краткое описание дополнительных групп ограничений блока перерабатывающего производственного подразделения.
4. Выводы.

### Лабораторное занятие № 18 ПОСТРОЕНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗВИТИЯ АГРОФИРМЫ В ЦЕЛОМ И ЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

*Цель работы – овладение практическими навыками по построению экономико-математической модели оптимизации развития агрофирмы в целом и ее подразделений.*

#### Теоретические сведения

Содержание и взаимосвязь блоков структурной экономико-математической модели вытекают из технологической взаимосвязи подразделений и производств агрофирмы (рис. 14).

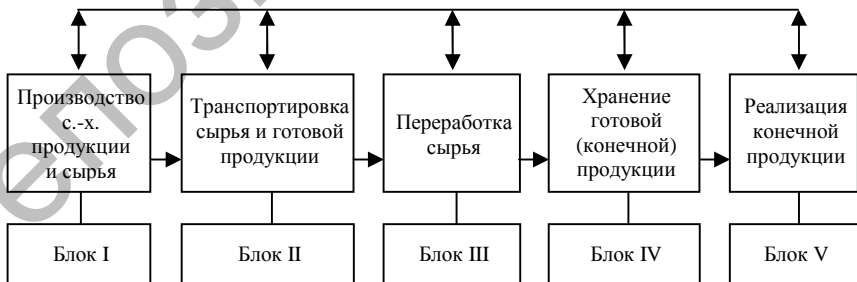


Рис. 14. Производственно-технологические взаимосвязи подразделений и производств агрофирмы



Структурная экономико-математическая модель оптимизации развития агрофирмы имеет следующий вид.

*Индексация:*

$j$  – номер сельскохозяйственной культуры, отрасли;

$J_0$  – множество сельскохозяйственных культур;

$J_1$  – множество отраслей растениеводства,  $J_1 \subset J_0$ ;

$J_2$  – множество отраслей животноводства,  $J_2 \subset J_0$ ;

$J_3$  – множество товарных отраслей,  $J_3 \subset J_0$ ;

$J_4$  – множество отраслей и производств агрофирмы;

$h$  – номер вида корма;

$H_0$  – множество видов кормов;

$i$  – номер вида земельного угодья, труда, питательного вещества, вида сырья и продукции;

$I_0$  – множество видов земельных (сельскохозяйственных) угодий;

$I_1$  – множество видов труда;

$I_2$  – множество видов питательных веществ;

$I_3$  – множество видов товарной продукции (в т. ч. сырья на переработку);

$n, N_0, N_3$  – соответственно, номер и множество подразделений агрофирмы, в т. ч. без сельхозподразделения;

$N_1, N_2$  – соответственно, множество подразделений агрофирмы, принимающих или передающих ресурсы;

$n_1, n_2$  – соответственно, номер подразделения агрофирмы, принимающего или передающего ресурсы;

$l, L_0$  – номер и множество поставщиков сырья;

$k$  – номер вида трансформируемого земельного угодья;

$K_1, K_2$  – соответственно, множество других земельных угодий, трансформируемых в данное и множество других земельных угодий, в которые трансформируется данное;

$I_4$  – множество видов сырья, продукции подразделений агрофирмы, подлежащих транспортировке;

$I_5$  – множество видов конечной продукции после переработки сырья;

$g, R_0$  – соответственно, номер и множество ассортиментных наборов, сформированных для реализации на базе конечной продукции, полученной после переработки сырья;

$e, E_0$  – соответственно, номер и множество видов конечной продукции переработки сельхозсырья;

$m, M_0$  – соответственно, номер и множество видов транспортных средств.

*Неизвестные величины:*

$x_{jn}$  – размер отрасли, производства, исполнителя  $j$ , подразделения  $n$ ;

$\%_n$  – то же, без учета отраслей сельскохозяйственного подразделения агрофирмы;

$x_j$  – размер сельскохозяйственной отрасли  $j$ ;

$x_{ik}, \%_k$  – соответственно, площадь земельного угодья  $k$ , трансформированного в сельхозугодья, и данное  $i$  угодье, трансформируемое в другие сельскохозяйственные угодья  $k$ ;

$x_{hj}$  – скользящая переменная (СКП) на всю отрасль (поголовье) животных вида, половозрастной группы  $j$ , за счет которой норма скармливания корма  $h$  животному может быть увеличена от минимальной до оптимальной;

$x_i$  – труд вида  $i$  сельскохозяйственного подразделения, не обеспеченный фондами соцкультбыта;

$\%_l$  – объем поставок сырья вида  $i$  от поставщика  $l$  на переработку;

$x_e$  – количество конечной продукции вида  $e$  после переработки сырья;

$\%_n$  – труд вида  $i$  подразделения  $n$  агрофирмы, не обеспеченный фондами соцкультбыта;

$x_{in}$  – труд вида  $i$  привлекаемый подразделением  $n$  от другого подразделения;

$x_{inn_1}, x_{inn_2}$  – соответственно, труд вида  $i$ , привлекаемый подразделением  $n$  от подразделения  $n_1$  или передаваемый в подразделение  $n_2$ ;

$x_{jn}, \%_n$  – размер отрасли  $j$  подразделения  $n$ , в т. ч. без учета сельскохозяйственного подразделения;

$\%_n, y_i$  – сумма прибыли, ресурса  $i$  с.х. подразделения  $n$  и всех остальных подразделений;

$x_m, x_m$  – наличие собственных и потребность в новых транспортных средствах вида  $m$ ;

$\%_e, \%_r$  – соответственно, недостаток мощностей для получения, при переработке сырья, конечного продукта  $e$  или реализации ассортиментного набора  $r$ .

*Известные величины:*

$A_i$  – площадь сельхозугодия вида  $i$  до трансформации;

$W_h$  – потребность личного скота работников в корме вида  $h$ ;

$P_{in}, P_i$  – сумма прибыли, ресурса  $i$  подразделения  $n$ , в т. ч. сельхозподразделения на начало планового периода;

$D_i$  – договорные поставки сельхозпродукции вида  $i$ ;

$V_{in}, \tilde{V}_{in}$  – труд вида  $i$  подразделения  $n$ , соответственно обеспеченный и не обеспеченный фондами соцкультбыта;

$\tilde{W}_{jn}, W_{jn}$  – соответственно минимальный и максимальный размер отрасли  $j$  подразделения  $n$ ;

$Q_e, Q_r$  – мощности для получения конечного продукта  $e$  или реализации ассортимента  $r$ ;

$Q_{in}$  – сумма переходящих (остаточных) основных фондов, ресурса вида  $i$  подразделения  $n$  в планируемом году;

$K_m$  – наличие транспортных средств вида  $m$ ;

$a_{ij}$  – расход сельхозугодия вида  $i$  на единицу посева сельхозкультуры вида  $j$ ;

$w_{hj}^{\min}, w_{hj}^{\max}$  – соответственно, минимальная и максимальная норма скармливания корма вида  $h$  на голову вида, половозрастной группы  $j$ ;

$w_{ij}$  – расход питательного вещества  $i$  на голову вида, половозрастной группы  $j$ ;

$d_{hj}$  – выход корма вида  $h$  с 1 га посева сельхозкультуры вида  $j$ ;

$v_{ih}$  – содержание питательного вещества  $i$  в единице корма вида  $h$ ;

$P_{ij}, \tilde{P}_{ij}$  – соответственно, сумма прибыли ресурса  $i$  от единицы отрасли растениеводства  $j$  или сумма денежной выручки, ресурса  $i$  за вычетом материальных затрат (без учета кормов) в расчете на единицу отрасли  $j$  в животноводстве;

$S_{ih}, S_{ihj}$  – материально-денежные затраты, себестоимость, ресурс  $i$  на единицу корма  $h$ , в т. ч. полученного от отрасли  $j$ ;

$d_{ij}$  – выход товарной продукции вида  $i$  от единицы отрасли  $j$ ;

$p_{im}$  – производительность транспортного средства вида  $m$  при перевозке продукции вида  $i$ ;

$p_e, p_r$  – соответственно, потребность в мощностях перерабатывающего предприятия для производства конечного продукта  $e$  или реализации ассортиментного набора  $r$ ;

$d_{ie}, d_{er}$  – соответственно, расход сырья вида  $i$  на единицу конечного продукта  $e$  и конечного продукта  $e$  на единицу ассортиментного набора  $r$ ;

$b_{ijn}$  – расход труда вида  $i$  на единицу отрасли  $j$  в подразделении агрофирмы  $n$ ;

$q_{ijn}$  – стоимость основных фондов, ресурса  $i$  на единицу отрасли  $j$  подразделения  $n$  агрофирмы;

$q_i, q_i$  – затраты денежных средств на обеспечение единицы труда  $i$  фондами соцкультбыта или от привлечения средств из другого подразделения;

$c_i, \mathcal{E}$  – доля отчислений от прибыли сельхозподразделения и других производств агрофирмы для формирования основных фондов;

$f$  – продолжительность планового периода;

$\lambda_{jn}$  – валовый доход от отрасли  $j$  подразделения  $n$  агрофирмы.

Найти:

$x_j, x_{ik}, x_{hj}, x_m, x_{in}, \mathcal{W}_1, \mathcal{W}_2, \mathcal{W}_3, x_{jn}, \mathcal{W}_1, \mathcal{W}_2, y_i, x_{inn_1}, x_{inn_2}, z_m, x_m \geq 0.$

При условиях:

I. Фирмообразующий блок – сельхозпроизводство.

1. По формированию и использованию сельхозугодий:

$$\sum_{j \in J_1} a_{ij} x_j \leq A_i + \sum_{k \in K_1} x_{ik} - \sum_{k \in K_2} \mathcal{W}_k, i \in I_0.$$

2. По балансу отдельных видов кормов:

$$\sum_{j \in J_2} W_{hj}^{\min} x_j + \sum_{j \in J_2} x_{hj} \leq \sum_{j \in J_1} d_{hj} x_j - W_h, h \in H_0.$$

3. Ограничения на скользящие переменные:

$$x_{hj} \leq (W_{hj}^{\max} - W_{hj}^{\min}) x_j, h \in H_0, j \in J_2.$$

4. По балансу питательных веществ:

$$\sum_{j \in J_2} W_{ij} x_j \leq \sum_{h \in H_0} \sum_{j \in J_1} d_{hj} x_j n_{ih} + \sum_{h \in H_0} W_{hj} n_{ih}, i \in I_2.$$

5. По формированию рационов кормления отдельных видов и половозрастных групп животных:

$$\left( w_{ij} - \sum_{h \in H_0} w_{hj}^{\min} v_{ih} \right) x_j \leq \sum_{h \in H_0} x_{hj} v_{ih} - W_h v_{ih}, i \in I_2, j \in J_2.$$

6. По среднегодовой сумме прибыли:

$$0,5 \cdot (P_i + \sum_{j \in J_1} p_{ij} x_j + \sum_{j \in J_2} \varphi_j x_j - \sum_{j \in J_1} \sum_{h \in H_0} d_{hj} x_j s_{ihj} + \sum_{h \in H_0} W_h s_{ih}) = y_i, i = 1.$$

7. По производству и реализации товарной продукции:

$$\sum_{j \in J_3} d_{ij} x_j = D_i + \varphi_i, i \in I_3.$$

II. Транспортный блок:

1. По транспортировке сырья и конечной продукции:

$$\sum_{j \in J_0} d_{ij} x_j \leq \sum_{m \in M_0} p_{im} z_m + \sum_{m \in M_0} p_{im} x_m, i \in I_4.$$

2. По количеству собственных и привлекаемых транспортных средств:

$$\text{а) } \sum_{m \in M_0} z_m \leq q_1; \quad \text{б) } \sum_{m \in M_0} x_m \leq q_2.$$

III. Перерабатывающее производство:

1. По переработке сырья в конечные продукты:

$$\sum_{j \in J_3} d_{ij} x_j + \sum_{l \in L_0} x_{il} \leq \sum_{e \in E_0} d_{ie} x_e, i \in J_5.$$

2. По использованию и потребности в мощностях:

$$p_e x_e \leq Q_e + \varphi_e, e \in E_0.$$

#### IV. Реализация продукции:

1. По подготовке конечной продукции к реализации и формированию ассортиментных наборов:

$$x_e = \sum_{r \in R_0} d_{re} x_r, e \in E_0.$$

2. По использованию и потребности в мощностях:

$$p_r x_r \leq Q_r + \%_r, r \in R_0.$$

#### V. Общий связующий блок:

1. По использованию труда в подразделениях агрофирмы:

$$a) \sum_{j \in J_4} b_{ijn} x_{jn} \leq B_{in} + x_{in} + \sum_{n_1 \in N_1} x_{inn_1} - \sum_{n_2 \in N_2} x_{inn_2} + \%_{in}, i \in I_1, n \in N_0;$$

$$б) \%_{in} \leq \dot{B}_{in}, i \in I_1, n \in N_0;$$

$$в) x_{in} \leq \dot{B}_{in}, i \in I_4, n \in N_0.$$

2. По размерам отраслей, подразделений по производству конечных продуктов или ассортиментных наборов:

$$\dot{W}_{jn} \leq x_{jn} \leq W_{jn}, i \in I_1, n \in N_0;$$

$$x_{jn} \in \{x_j, x_{m1}, x_e, x_r\}.$$

3. По формированию основных фондов:

$$\sum q_{ijn} x_{jn} \leq Q_{in} - q_i x_{in} - \%_{in} \%_{in} + c_i y_i f + \%_{in} \%_{in} f, n \in N_0, i = 1, j \in J_4.$$

4. По среднегодовой сумме прибыли от выполнения услуг транспорта, торговых организаций и перерабатывающего производства (модуля):

$$0,5(P_{in} + \sum_{j \in J_4} P_{ij} \cdot \%_{jn}) = \%_{in}, i=1, n \in N_3; \%_{jn} \{x_m, x_e\};$$

$$F_{\max \text{ чистого}}^{\text{дохода}} = \sum_{j \in J_4} \sum_{n \in N_0} \lambda_{jn} x_{jn}.$$

### **Пример**

На основе приведенной выше структурной ЭММ произвести обоснование исходной информации и построить расширенную ЭММ.

Допустим, что программу развития агрофирмы рассчитываем на три года вперед:  $l = 3$ .

Прогнозную информацию по сельхозорганизации обосновать на основе информационных моделей, методов и методик, приведенных выше. Агрофирма ориентирована на переработку молока и реализацию молочной продукции.

#### **Методика выполнения**

Расшифровываем содержание соотношений ЭММ.

1. *Производство сельскохозяйственной продукции и сырья.*

1. По использованию сельхозугодий, га;

1.1. по использованию пашни:  $x_1 + x_2 + x_3 + \dots \leq 2800$ ;

1.2. по использованию сенокосов:  $x_4 + x_5 = 320$ ;

1.3. по использованию пастбищ:  $x_6 + x_7 \leq 290$ ,

где:  $x_1, x_2, x_3$  – площадь посева соответственно зерновых продовольственных, зерновых фуражных, многолетних трав на зеленый корм и т. д.;

$x_4, x_5$  – площадь сенокосов на сено и сенаж;

$x_6, x_7$  – площадь пастбищ на сенаж и зеленый корм;

2800; 320; 290 – соответственно площадь пашни, сенокосов и пастбищ сельхозподразделения агрофирмы;

2. По балансу отдельных видов кормов, ц;

2.1. по балансу концентратов:

$$9x_8 + x_9 \leq 45 \cdot 0,1x_1 + (48-3)x_2 - 140 \cdot 10;$$

2.2. по балансу сена:  $15x_8 + x_{10} \leq 50x_4 - 140 \cdot 20$ ;

2.3. по балансу сенажа:  $25x_8 + x_{11} \leq 115x_5 + 90x_6$ ;

2.4. по балансу зеленого и пастбищного корма:

$$60x_8 + x_{12} \leq 180x_3 + 110x_7 - 140 \cdot 60,$$

где  $x_8$  – поголовье коров, гол.

$x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}$  – скользящая переменная (СКП), соответственно, по концентратам, сену, сенажу, зеленому и пастбищному корму для коров;

9; 15; 25; 60 – минимальная норма скармливания (ц) – соответственно, концентратов, сена, сенажа, зеленого и пастбищного корма на среднегодовую корову;

45; 48; 50; 115; 90; 180; 110 – урожайность, соответственно, зерновых продовольственных, зерновых фуражных, продуктивность сенокосов на сено и сенаж, многолетних трав на зеленый корм, а пастбищ – на сенаж и зеленый корм;

0,1; 3 – соответственно доля некондиционного зерна и зерно на семена и страхфонд в расчете на 1 га;

140 – число семей, содержащих мелкий и крупный рогатый скот;

10; 20; 60 – количество, соответственно, концентратов, сена и зеленого корма для личного скота в расчете на один двор.

3. Ограничения на скользящие переменные:

3.1. по концентратам для кормов:  $x_9 \leq (12,5 - 9) x_8$ ;

3.2. по сену:  $x_{10} \leq (25 - 15) x_8$ ;

3.3. по сенажу:  $x_{11} \leq (35 - 25) x_8$ ;

3.4. по зеленому пастбищному корму:  $x_{12} \leq (65 - 60) x_8$ ,

где 12,5; 25; 35; 65 – минимальные нормы скармливания, соответственно концентратов, сена, сенажа, зеленого и пастбищного корма на 1 корову.

4. По балансу питательных веществ:

4.1. по балансу кормовых единиц, ц:

$50 \cdot 1 \cdot x_8 \leq 0,9 (4,5 \cdot x_1 + 45 \cdot x_2 - 1400) + 0,45 (50 \cdot x_4 - 2800) + 0,27 (115 \cdot x_5 + 90 \cdot x_6) + 0,21 (180 \cdot x_3 + 110 \cdot x_7 - 8400)$ ;

4.2. по балансу переваримого протеина, ц:

$50 \cdot 0,105 \cdot x_8 \leq 0,096 (4,5 \cdot x_1 + 45 \cdot x_2 - 1400) + 0,051 (50 \cdot x_4 - 2800) + 0,032 (115 \cdot x_5 + 90 \cdot x_6) + 0,023 (180 \cdot x_3 + 110 \cdot x_7 - 8400)$ ,

где  $50 \cdot 1$ ;  $50 \cdot 0,105$  – надой на среднегодовую корову (50ц), расход к. ед. на 1 ц молока (1 ц к. ед.) и потребность в переваримом протеине в расчете на 1 ц кормовых единиц (0,105);

0,9; 0,45; 0,27; 0,21 – содержание ц. к. ед. в 1 ц концентратов, сена, сенажа и зеленого корма;

0,096; 0,051; 0,082; 0,023 – аналогично, содержание переваримого протеина.



5. По содержанию питательных веществ в дополнительных кормах, т. е. формированию рационов кормления отдельных видов и половозрастных групп животных:

5.1. по содержанию кормовых единиц в дополнительных кормах для коров, ц:

$$[50 - (9 \cdot 0,90 + 15 \cdot 0,45 + 25 \cdot 0,27 + 60 \cdot 0,21)] x_8 \leq 0,9 \cdot x_9 + 0,45 \cdot x_{10} + 0,27 \cdot x_{11} + 0,21 \cdot x_{12} \cdot 4;$$

5.2. по содержанию переваримого протеина в дополнительных кормах для коров, ц:

$$[50 \cdot 0,105 - (9 \cdot 0,096 + 15 \cdot 0,051 + 25 \cdot 0,032 + 60 \cdot 0,023)] x_8 \leq 0,096 \cdot x_9 + 0,051 \cdot x_{10} + 0,032 \cdot x_{11} + 0,023 \cdot x_{12}.$$

6. По среднегодовой сумме прибыли сельхозподразделения агрофирмы:

$$0,5 (56000 + [(45 - 4,5 - 3) (16,0 - 7,2)]x_1 + [(50 - 2) (38 - 12)] \times x_8 - [(4,5 \cdot 7,2x_1 + 48 \cdot 7,6x_2 + 180 \cdot 1,3x_3 + 50 \cdot 3,2x_4 + 115 \cdot 2,3x_5 + 90 \times 1,9 \cdot x_6 + 110 \cdot 0,8x_7 + 2 \cdot 12x_8)] + 16 \cdot 0,2x_{14} + 1400 \cdot 5,0 + 280 \cdot 1,0) = x_{13},$$

где 7,2; 7,6; 1,3; 3,2; 2,3; 1,9; 0,8; 12 – себестоимость 1 ц, соответственно, зерна продовольственного, фуражного, зеленого корма многолетних трав, сена природных сенокосов, сенажа, произведенного на сенокосах и пастбищах, пастбищного корма, затрат на 1 ц молока без учета стоимости кормов, усл. д. ед.;

16; 50 – цена реализации, соответственно, 1ц зерна и молока, усл. д. ед.;

5,0; 1,0 – выручка от реализации, соответственно, 1 ц зерна и сена на содержание личного скота работников, усл. д. ед.;

3 – зерно на семена в расчете на 1 га посева;

2 – молоко на выпойку телят, ц;

56 000 – фактическая прибыль на начало планового периода;

16·0,2 – дополнительная денежная выручка от реализации продукции рыночного фонда, усл. д. ед.;

$x_{13}$  – прогнозная среднегодовая сумма прибыли, усл. д. ед.

7. По производству и реализации товарной продукции:

по производству и реализации зерна, ц:  $(45 - 4,5 - 3) x_1 = 5500 + x_{14}$ ;

где 5500 ц – договорные поставки;

$x_{14}$  – зерно рыночного фонда, ц.

## II. Транспортный блок.

В рассматриваемом хозяйстве транспортировке подлежат корма: сено, сенаж, концентраты, а также товарная продукция – зерно

и молоко. Молоко перерабатывается на территории агрофирмы, после чего передается в магазины на реализацию.

1. Средний радиус перевозки

$$\pi R^2 = \frac{S_0}{0,8} \cdot 1,5,$$

где  $R$  – средний радиус перевозки грузов;

$S_0$  – площадь сельхозугодий,  $\text{м}^2$ ;

0,8 – средняя доля сельхозугодий в площади землепользования;

1,5 – увеличение среднего расстояния внутрихозяйственных перевозок вследствие неадекватности территории, кривизны дорог и особенностей расположения полей севооборотов.

Из формулы имеем

$$R = \sqrt{\frac{1,25 \cdot S_0 \cdot 1,5}{3,14}} = \sqrt{\frac{1,25 \cdot 3410 \cdot 10000 \cdot 1,5}{3,14}} = 4512 \text{ м, или } 4,5 \text{ км,}$$

где 10 000 – квадратные метры 1 га;

3410 – площадь сельскохозяйственных угодий, га.

2. Среднее расстояние от хозяйства до районного центра – 25 км.

3. При полноценном кормлении до 80 % всех зеленых и пастбищных кормов скармливается скоту в виде подкормки, т. е. зеленой массы от посева многолетних трав. Зеленые корма скармливаются, значит, и перевозятся в течение пастбищного периода, т. е. 210 дней, из расчета 10 кг зеленого корма в день.

4. Транспортные работы по перевозке молока осуществляются в течение года, при этом в период с мая по сентябрь производится 60 % всего объема перевозимого молока.

5. Транспортировка зерна договорных поставок производится как в течение уборки зерновых (12 дней), так и в течение следующих 10 дней.

Транспортировка молока до перерабатывающего производства (модуля) производится в бидонах колесными тракторами и автомашинами, а готовой продукции, после переработки молока, – специально оборудованными автомашинами.

6. В агрофирме имеются 11 автомашин со средней грузоподъемностью 3,5 т, 8 колесных тракторов и 5 прицепов средней грузоподъемностью 3,6 т. Количество арендуемых автомашин – не более 9.

7. По транспортировке зерна от комбайнов:

$$45x_1 + 48x_2 \leq 20 \cdot 1,5 \cdot 12x_{15} + 20 \cdot 1,5 \cdot 12x_{16} + 20 \cdot 1,5 \cdot 12x_{17},$$

где 20; 1,5; 12 – соответственно, средняя производительность в смену, коэффициент сменности, число дней работы;

$x_{16}$ ,  $x_{17}$  – потребность в новой и арендуемой технике, автомашинах;

$x_{15}$  – количество собственных автомашин, используемых на отвозке зерна от комбайнов;

$x_{18}$  – количество собственных автомашин на отвозке зерна, договорных поставок и рыночного фонда;

$x_{19}$  – количество арендуемых автомашин.

8. По перевозке зерна договорных поставок и рыночного фонда:

$$20 \cdot 10,5 \cdot x_{18} + 20 \cdot 10,5 \cdot x_{19} \leq 5500 + x_{14},$$

где 10,5 – производительность автомашины за день, т. е. за 1,5 смены.

9. По количеству собственных автомашин:  $x_{15} + x_{18} + x_{21} + x_{22} \leq 11$ .

10. По количеству арендуемых автомашин:  $x_{17} + x_{19} \leq 9$ .

11. По транспортировке зеленой массы:

$$0,2 (180 \cdot x_3 + 110 \cdot x_7) \leq 115 \cdot 150 \cdot x_{20} + 118 \cdot 150 x_{21},$$

где 150 – продолжительность периода подкормки коров;

115,0; 118,0 – производительность соответственно трактора и автомашины, ц в день;

$x_{20}$  – количество собственных колесных тракторов;

$x_{21}$  – количество собственных автомашин по перевозке зеленой массы.

12. По количеству собственных колесных тракторов с прицепами:  $x_{20} + x_{21} \leq 5$ .

13. По транспортировке молока на переработку в течение года:

$$(50 - 2) \cdot x_8 \leq 365 \cdot 30 \cdot x_{22}.$$

14. По транспортировке молока в течение пастбищного периода:

$$0,64 \cdot 50 \cdot x_8 \leq 182 \cdot 30 \cdot x_{22},$$

где 365; 182 – соответственно число дней в году и в течение пастбищного периода;

0,64 – доля молока, приходящаяся на пастбищный период;

30 – объем перевозки молока в бидонах (за 2 дойки);

$x_{22}$  – количество собственных автомашин;

$x_{23}$  – сумма затрат, усл. д. ед.

15. По материально-денежным затратам (у. е.) на транспортировку зерна от комбайнов, зерна договорных поставок и рыночного фонда, зеленой массы, на приобретение новых автомашин и для оплаты за аренду автомашин:

$$840 \cdot x_{15} + 760 \cdot x_{16} + 1860 \cdot x_{17} + 840 \cdot x_{18} + 1860 \cdot x_{19} + 7500 \cdot x_{20} + 9000 \cdot x_{21} + 7300 \cdot x_{22} = x_{23},$$

где 840; 760; 1860; 840; 1860; 7500; 9000; 7300; 6700 – затраты материально-денежных средств на весь период выполнения работ в расчете на 1 транспортное средство, соответственно, при транспортировке зерна от комбайнов собственной автомашиной, новой, арендованной; при перевозке зерна рыночного фонда и договорных поставок собственной автомашиной и арендованной; при транспортировке зеленой массы собственным трактором и собственной автомашиной и при транспортировке молока в течение года на переработку.

### III. Перерабатывающее производство.

1. По переработке молока в конечные продукты, ц:

$$(50 - 2) \cdot x_8 \leq 0,9 \cdot x_{24} + 11 \cdot x_{25} + 21 \cdot x_{26},$$

где 2 – молоко на выпойку телят;

0,9; 11; 21 – расход молока, соответственно, на 1 ц цельного молока, сыра и масла.

2. По переработке вторичного сырья (обрата) для получения казеина:

$$9,5 \cdot x_{25} + 19,5 \cdot x_{26} \leq 29 \cdot x_{27},$$

где 9,5; 19,5 – количество обраты (ц) в расчете на единицу (ц) конечной продукции;

29 – расход обраты на 1 ц казеина.

3. По производству отдельных видов конечной продукции и расходу сырья в объеме, не меньше минимума:

а) цельное молоко:  $0,9 \cdot x_{24} \geq 0,4 \cdot 48 \cdot x_8;$

б) сыр:  $11 \cdot x_{25} \geq 0,15 \cdot 48 \cdot x_8;$

в) масло:  $21 \cdot x_{26} \geq 0,25 \cdot 48 \cdot x_8,$

где 0,9; 11; 21 – расход сырья на 1 ц соответствующей продукции;

0,4; 0,15; 0,25 – минимальная доля сырья от общего объема на производство соответствующих видов конечной продукции.

4. По использованию и вводу в действие мощностей по производству отдельных видов конечной продукции:

а) цельное молоко:  $x_{24} \leq 365 \cdot 2,7 (5 + x_{28});$

б) сыр:  $x_{25} \leq 365 \cdot 2,7 (0,5 + x_{29});$

в) масло:  $x_{26} \leq 365 \cdot 2,7 (0,3 + x_{30}),$

где 365; 2,7 – соответственно, число дней работы в течение года, число смен работы в течение дня;

5; 0,5; 0,3 – сменная производительность агрегатов соответствующих видов конечной продукции;

$x_{27}$ ,  $x_{28}$ ,  $x_{29}$  – приращение мощностей для производства конечной продукции.

5. По затратам материально-денежных средств на переработку сырья и приращение мощностей по переработке сырья:

$$8,0 \cdot x_{24} + 84 \cdot x_{25} + 94 \cdot x_{26} + 1610 \cdot x_{27} + 260 \cdot x_{28} + 1540 \cdot x_{29} + 1820 \cdot x_{30} = x_{31},$$

где 8; 84; 94; 170 – материально-денежные затраты для получения 1 ц, соответственно, цельного молока, сыра, масла, казеина;

1610; 260; 1540; 1820 – материально-денежные затраты на приращение мощностей с целью производства, соответственно, 1 ц казеина, цельного молока, сыра и масла, усл. д. ед.

IV. *Хранение готовой продукции:*

$$\frac{x_{24}}{365 \cdot 1,1} \cdot 1,3 \cdot 2 + \frac{x_{25}}{365 \cdot 2,2} \cdot 2,2 \cdot 2 + \frac{x_{26}}{365 \cdot 3,0} \cdot 2,6 \cdot 2 = 60 + x_{32},$$

где 1,1; 2,2; 3,0 – объем продукции, соответственно, цельного молока, сыра, масла в расчете на 1 м<sup>2</sup> площади хранилища;

1,3; 2,2; 2,6 – среднее число дней хранения, соответственно, молока, сыра и масла;

2 – число рабочих смен в течение рабочего дня;

$x_{32}$  – недостаток мощностей хранилищ, м<sup>2</sup>.

V. *Реализация продукции.*

1. По подготовке конечной продукции к реализации и формированию ассортиментных наборов:

$$5 \cdot x_{24} + 36 \cdot x_{25} + 53 \cdot x_{26} + 600 \cdot x_{30} = x_{33},$$

где 5; 36; 53 – материально-денежные затраты по подготовке к реализации 1ц конечной продукции, усл. д. ед.;

$x_{33}$  – общие затраты по подготовке конечной продукции к реализации, усл. д. ед.

2. По использованию наличных мощностей и вводу в действие новых:

$$\frac{x_{24}}{365 \cdot 2 \cdot 1,5} + \frac{x_{25}}{365 \cdot 2 \cdot 2,5} + \frac{x_{26}}{365 \cdot 2 \cdot 3} \leq 10 + x_{34},$$

где 365; 2 – соответственно, число рабочих дней в году и число рабочих смен в течение рабочего дня;

1,5; 2,5; 3 – объем соответствующих видов продукции (ц) в расчете на 1 м<sup>2</sup> торговой площади;

$x_{34}$  – недостаток торговых площадей для реализации готовой продукции,  $m^2$ .

#### VI. Общий связующий блок.

1. По использованию труда в подразделениях и на производстве агрофирмы:

а) труд годовой:

$$28 \cdot x_1 + 27 \cdot x_2 + 12 \cdot x_3 + 18 \cdot x_4 + 16 \cdot x_5 + 14 \cdot x_6 + 2 \cdot x_7 + 110 \times \\ \times x_8 + 1840 \cdot 1,5 \cdot x_{15} + 1840 \cdot 1,5 \cdot x_{16} + 1840 \cdot 1,5 \cdot x_{17} + 20 \cdot 1,5 \cdot x_{18} + \\ + 20 \cdot 1,5 \cdot x_{19} + 150 \cdot 1,5 \cdot x_{20} + 150 \cdot 1,5 \cdot x_{21} + 1840 \cdot 1,3 \cdot x_{22} + 0,2 \times \\ \times x_{24} + 13,6 \cdot x_{25} + 13,9 \cdot x_{26} + \dots \leq 320 \cdot 1840 + x_{35} + x_{36},$$

где 28...110 – затраты труда (чел.-ч) на единицу отрасли сельского хозяйства (га или гол.);

1,5; 1,3 – число смен при работе соответствующего транспортного средства;

1840 – среднегодовое число рабочих дней, чел.-ч;

0,2; 3,6; 3,9 – затраты труда при переработке сырья (молока) с целью получения 1 ц цельного молока, сыра или масла;

320 – число среднегодовых рабочих агрофирмы;

$x_{35}$  – объем привлеченного труда несельскохозяйственных подразделений агрофирмы, чел.-ч;

$x_{36}$  – труд, не обеспеченный фондами соцкультбыта, чел.-ч:  $x_{36} \leq 9500$ ;

б) труд в напряженный период в сельскохозяйственном подразделении:

$$19 \cdot x_1 + 22 \cdot x_2 + 9 \cdot x_3 + 15 \cdot x_4 + 12 \cdot x_5 + 11 \cdot x_6 + 1,5 \cdot x_7 + 26 \cdot x_8 \leq \\ 25 \cdot 1840 : 12 \cdot 4 \cdot 1,3 + x_{37},$$

где 19...26 – затраты труда, чел.-ч, на 1 га или 1 гол. животных в напряженный период;

205 – количество среднегодовых рабочих подразделения;

$x_{37}$  – труд перерабатывающего и транспортного подразделений, используемый в сельхозпроизводстве, чел.-ч.

2. По формированию основных фондов агрофирмы, усл. д. ед.:

$$650 \cdot x_1 + 630 \cdot x_2 + 270 \cdot x_3 + 310 \cdot x_4 + 320 \cdot x_5 + 280 \cdot x_6 + 70 \times \\ \times x_7 + 920 \cdot x_8 + 25000 \cdot x_{15} + 18000 \cdot x_{20} + 25000 \cdot x_{18} + 25000 \cdot x_{21} + \\ + 25000 \cdot x_{22} + 18000 \cdot x_{21} + 260 \cdot x_{24} + 1540 \cdot x_{25} + 1820 \cdot x_{26} + 1610 \times \\ \times x_{27} + 260 \cdot x_{28} + 1540 \cdot x_{29} + 1820 \cdot x_{30} + 400 \cdot x_{32} + 380 \cdot x_{34} + 0,76 \times \\ \times x_{36} \leq 3610000 + 0,12 \cdot 3610000 + (3 \cdot 0,45) x_{34},$$

где 650...920 – фондооснащенность отраслей сельского хозяйства, усл. д. ед. на 1 га (гол.);

25 000; 18 000 – затраты материально-денежных средств на приобретение соответственно автомашины и трактора;

260; 1540; 1820; 1610 – стоимость основных производственных фондов в расчете на 1 ц конечной продукции перерабатывающего предприятия, соответственно, цельного молока, сыра, масла и казеина;

400; 580 – стоимость основных производственных фондов в расчете на 1 м<sup>2</sup> вновь вводимых в эксплуатацию складских помещений и помещений по реализации готовой продукции;

3; 0,45 – продолжительность прогнозного периода и максимальная доля отчисления прибыли на формирование основных фондов.

3. По среднегодовой сумме прибыли, усл. д. ед.:

$$F_{\text{max среднегодовой прибыли}} = x_{13} + 0,5 (0,08 \cdot x_{23} + 10 \cdot 100 + 82000 + 0,22 (8 \cdot x_{24} + 84 \cdot x_{25} + 94 \cdot x_{26} + 170 \cdot x_{22})) + 84000 + 0,7 \cdot x_{32} + 0,05 \cdot x_{33} + 730),$$

где 0,08; 0,22; 0,05; 0,07 – нормативная прибыль по отношению к нормативным затратам транспортных организаций, перерабатывающего предприятия, предприятий по реализации и хранению готовой продукции;

10 100; 82 000; 84 000; 730 – фактическая прибыль на начало планового периода: соответственно, транспортного подразделения, перерабатывающего предприятия, предприятий по хранению и реализации готовой продукции, усл. д. ед.

### Задания

**Задание.** На основе приведенной ниже информации (табл. 68–73) введите переменные и составьте ограничения формообразующего (сельхозпроизводства), транспортного, перерабатывающего производства, реализации продукции и общего связующего блоков.

Таблица 68

Производственные ресурсы сельскохозяйственных организаций

Наименование предприятий, кооперативных ферм, хозяйств	Сельхозугодья, га			Покупка комбикормов, т	Трудовые ресурсы, тыс. чел.-ч
	Пашня	Сенокосы	Пастбища		
1	2	3	4	5	6
1	2600	500	390	260	320
2	2100	450	400	340	300

1	2	3	4	5	6
3	3100	600	450	250	510
4	2560	500	370	150	360
5	3060	410	500	360	370
6	1400	400	380	510	410

Таблица 69

## Параметры технологии отраслей растениеводства, ц/га

Наименование предприятий, кооперативных ферм, хозяйств	Зерновые культуры					Корнеплоды	Силосные	Однолетние травы на зеленый корм
	Продовольственные			Фуражные				
	Всего, ц/га	В том числе		Всего, ц/га	В том числе на корм скоту			
		на корм скоту	товарная продукция					
1	32	3	26	33	30	580	240	140
2	30	3	24	32	29	530	260	130
3	28	3	22	30	27	520	230	130
4	34	3	28	34	31	450	270	135
5	26	2,7	20	29	26	510	270	150
6	29	3	23	28	25	440	280	120

Таблица 70

## Параметры технологии кормовых культур, ц/га

Наименование предприятий, кооперативных ферм, хозяйств	Многолетние травы			Сенокосы		Пастбища		Картофель	
	на сено	зеленый корм	сенаж	на сено	сенаж	на зеленый корм	сенаж	на корм	товарный
1	46	170	105	38	108	110	70	—	—
2	42	135	96	35	90	105	70	30	190
3	40	165	95	37	90	120	80	—	—
4	43	160	100	43	120	115	75	—	—
5	40	175	80	33	95	110	90	30	210
6	41	180	95	38	130	130	110	40	180



Таблица 71

Параметры продуктивности сельскохозяйственных животных  
и расхода кормов на продукцию

Показатели	Наименование (номера) предприятий, кооперативов, фермерских хозяйств					
	1	2	3	4	5	6
Продуктивность 1 средне-годовой коровы, ц	35	36	33	34	30	34
Среднесуточный привес, г:						
КРС	760 + К	–	800 + К	–	850 + К	–
свиньи	–	–	–	–	–	420
Расход кормов (к. ед.) на 1 ц продукции:						
молоко	1,1	1,1	1,2	1,2	1,25	1,2
привес КРС	8,5	–	8,4	–	8,8	–
привес свиней	–	–	–	–	–	7,7
Вес 1 гол. свиней при реализации, ц:	–	–	–	–	–	1,02
на 1 среднегодовую корову:						
Концентраты: min	8,0	8,0	7,5	7,7	7,5	8,0
max	13,0	13,6	12,5	13,0	12,3	12,5
Сено: min	8	8	9	8,5	9,0	9,0
max	24	24	25	24	23	22
Корнеклубнеплоды: min	16	15	10	10	10	10
max	30	30	30	30	30	30
Силос: min	10	10	12	10	10	10
max	26	25	21	25	20	23
Зеленый корм: min	50	52	53	55	54	52
max	65	66	60	64	67	65
Сенаж: min	5	5	6	6	5	6
max	25	25	30	25	30	32
Солома: min	2	2,5	3,0	3,0	2,5	2,5
max	5	5	4	4	5	5
Травяная мука: min	0	0	0	0	0	0
max	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
На 1 среднегодовую гол. молодняка КРС:						

Показатели	Наименование (номера) предприятий, кооперативов, фермерских хозяйств					
	1	2	3	4	5	6
Концентраты	4,2	–	5,0	–	5,2	–
Условной пашни (га) на остальные корма рациона	0,40	–	0,46	–	0,47	–
На 1 среднюю гол. свиней на откорме:						
Концентраты	–	–	–	–	–	6,4
Условной пашни (га) на остальные корма рациона	–	–	–	–	–	0,03
Продуктивность 1 среднегодовой коровы, ц	42	45	40	36	35 + + 0,1 К	37
Среднесуточный привес, г:						
Молодняка КРС	–	–	840 + + К	900 + + К	900 + + К	780 + + К

Таблица 72

Параметры развития предприятий по переработке молочной продукции

Показатели	Вид продукции		
	Масло	Сыр	Цельномолочная продукция
Расход сырья на производство 1 ц продукции, ц	22,5	11,5	0,93
Материально-денежные затраты на производство 1 ц, у. д. ед:			
на существующем заводе	212	187	350
на строящихся	235	168	350
Затраты труда на производство 1 ц продукции, чел.-ч:			
на существующем заводе	2,35	2,4	0,2
на строящихся	1,8	1,7	0,13
Среднегодовые мощности, и в смену:			
на существующем заводе	15,0	30	150
на строящихся	до 75	до 60	до 300

Таблица 73

Картосхема расстояний перевозки молока для молочных заводов, км

Молочный завод	Расстояние до предприятий, кооперативов, фермерских хозяйств					
Функционирующее предприятие:						
дороги с твердым покрытием	15	12	7	5	11	12
грунтовые	6	–	6	–	–	–
Новый завод (возможно строительство в предприятия № 3):						
дороги с твердым покрытием	–	–	–	12	11	–
грунтовые	–	–	–	–	–	–
Функционирующее предприятие:						
дороги с твердым покрытием	35	39	30	34	28	33
грунтовые	6	4	4	5	–	3
Новый завод (возможно строительство на предприятии № 5):						
дороги с твердым покрытием	11	12	–	–	16	23
грунтовые	–	–	–	–	–	4
Новый завод (возможно строительство на предприятии № 6):						
дороги с твердым покрытием	23	27	8	11	16	19
грунтовые	3	5	–	4	–	2

Потребность в материально-денежных затратах для ввода мощностей заводов, перерабатывающих молоко, и показатели в сфере реализации приведены в табл. 74, 75.

Затраты материально-денежных средств на перевозку 1 ц молока составляют, усл. д. ед.: на дорогах с твердым покрытием при расстоянии до 5 км – 0,53; на грунтовых дорогах при расстоянии до 5 км – 1,95; свыше 5 км – 1,35.

Мощности строительных организаций по обслуживанию сельскохозяйственных предприятий составляют в расчете на год и в целом по району 10,10 млн. усл. д. ед., мощности по вводу предприятий молочной промышленности до 300,0 тыс. усл. д. ед. в год.

Таблица 74

Материально-денежные затраты по вводу мощностей по переработке молочной продукции, усл. д. ед. на 1 ц

Виды мощностей	Реконструкция функционирующего предприятия	Новое строительство
По производству:		
масла	630	880
сыра	550	900
цельномолочной продукции (ЦМП)	32,0	35,0

Таблица 75

Показатели системы реализации молочной продукции

Показатели	Масло	Сыр	Цельномолочная продукция
Фактические среднегодовые мощности реализации, ц	400	260	11 000
Материально-денежные затраты на реализацию, усл. д. ед.	6,2	6,2	10,0
Затраты труда на реализацию 1 ц, чел.-ч	4,0	3,5	2,5
Розничные цены 1 ц продукции, тыс. усл. д. ед.	322,0	310,0	22,0
Материально-денежные затраты на расширение мощностей по реализации продукции, усл. д. ед. на 1 ц	130,0	165,0	80,0

Численность молочного стада населения в сельхозпредприятиях характеризуется данными, гол.:

1-е – 206, 2-е – 180, 3-е – 240, 4-е – 310, 5-е – 190, 6-е – 140. Среднегодовая продуктивность коровы в личном пользовании – 48 ц. На ее содержание в год требуется 0,23 га условной пашни.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Общие сведения о порядке построения экономико-математической модели оптимизации развития агрофирмы.
3. Содержание и взаимосвязь блоков экономико-математической модели оптимизации развития агрофирмы в целом и ее подразделений.
4. Выводы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование и оптимизация в агропромышленном комплексе. Курсовое проектирование : учебно-методическое пособие / В. М. Синельников [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2015. – 156 с.

2. Иванов, П. В. Экономико-математическое моделирование в АПК : учебное пособие / П. В. Иванов, И. В. Ткаченко. – Ростов-на/Д : Феникс, 2013. – 255 с.

3. Басовский, Л. Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка : учебное пособие / Л. Е. Басовский. – М. : ИНФРА-М, 2013. – 260 с.

4. Прогнозирование и планирование в условиях рынка : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 080502 «Экономика и управление на предприятии (по отраслям)» / Т. Н. Бабич [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2013. – 336 с.

5. Новыш, Б. В. Экономико-математические методы принятия решений: пособие для студентов специальностей 1-26 01 03 «Государственное управление и экономика» и 1-26 03 01 «Управление информационными ресурсами» / Б. В. Новыш, В. К. Шешолко, Д. В. Шаститко. – Минск : Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2012. – 180 с.

6. Дрогобыцкий, И. Н. Системный анализ в экономике : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям 061800 «Математические методы в экономике», 230700 «Прикладная информатика» / И. Н. Дрогобыцкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2011. – 424 с.

7. Леньков, И. И. Моделирование и прогнозирование экономики агропромышленного комплекса / И. И. Леньков. – Минск : БГАТУ, 2011. – 228 с.

8. Маркин, Ю. П. Экономический анализ : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Экономика» и другим экономическим специальностям / Ю. П. Маркин. – 3-е изд., стереотип. – М. : Омега-Л, 2011. – 451 с.

9. Леньков, И. И. Экономико-математические методы в экономике АПК : учебное пособие / И. И. Леньков. – Минск : БГАТУ, 2009. – 168 с.

10. Шапкин, А. С. Математические методы и модели исследования операций : учебник для студентов вузов, обучающихся

по специальности 061800 «Математические методы в экономике» / А. С. Шапкин, Н. П. Мазаева. – 4-е изд. – М. : Дашков и К, 2007. – 400 с.

11. Прогнозирование и планирование экономики : учебное пособие / В. И. Борисевич. [и др.] ; под общ. ред. Г. А. Кандауровой. – Минск : БГЭУ, 2007. – 430 с.

### **Интернет-ресурсы**

12. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Республики Беларусь. – Минск, 2005. – URL: [www.pravo.by](http://www.pravo.by). – Дата обращения: 15.10.2018.

### **Нормативные правовые акты**

13. Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 гг. – Минск : Беларусь, 2011. – 154 с.

14. Конституция Республики Беларусь 1994 года (с изм. и доп., принятыми на Республиканских референдумах 24 ноября 1996 г. и 17 октября 2004 г. – Минск : Амалфея, 2011. – 48 с.

15. Трудовой кодекс Республики Беларусь с обзором изменений, внесенных законами Республики Беларусь от 20 июля 2007 г. № 272-З, 6 января 2009 г. № 6-З. – Минск : Амалфея, 2011. – 288 с.

16. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 гг. – Минск : Беларусь, 2016. – 124 с.

Репозиторий БГАТУ

**ПРИЛОЖЕНИЯ**





ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Отчет предприятия за 2016 год

Форма № 6А-АПК

**ВАЛОВАЯ ПРОДУКЦИЯ**

**Валовая продукция сельского хозяйства и производительность труда**  
(тыс. руб.)

А	Код	План в ценах 2015 г.	Фактически в ценах 2015 г.	
			2016 г.	2015 г.
	Б	1	2	3
Валовая продукция сельского хозяйства в сопоставимых ценах – всего	10	32 799	34 776	31 922
в том числе:				
растениеводства	15	13 888	14 931	13 225
животноводства	20	18 911	19 845	18 697
Среднегодовая численность работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, чел.	30	623	617	X
Отработано в сельском хозяйстве – всего, тыс. час	40	961	916	X
в том числе:				
в растениеводстве	50	387	382	X
в животноводстве	60	574	570	X
Произведено валовой продукции сельского хозяйства на одного среднегодового работника, занятого в сельскохозяйственном производстве, руб.	70	52 647	56 363	X
на 1 чел.-час, руб.	80	34	37	X
в том числе:				
в растениеводстве, руб.	90	36	39	X
в животноводстве, руб.	100	33	35	X

**СПРАВКА 1.**

А	Всего	
	1	
Уровень рентабельности, % (211)	18,5	
Количество организаций, закончивших год по конечному финансовому результату:	Количество	Сумма чистой прибыли (убытка)
	1	2
с прибылью (212)	1	4 640
с убытком (213)		
<b>Справка 2.</b> Уровень рентабельности без учета государственной поддержки, % (214)	14,4	
Количество организаций, закончивших год по конечному результату без учета государственной поддержки:	1	3 620
с прибылью (215)		
с убытком (216)		

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОДУКЦИИ

(тыс. руб.)

Вид продукции	Код	Продано – всего					
		количество, тонн		полная себестоимость проданной продукции	выручено	финансовые результаты	
		в натуре	в зачетном весе			прибыль	убыток
А	Б	1	2	3	4	5	6
<b>ПРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА</b>							
Зерновые и зернобобовые – всего	0010	8 806	8 913	1 599	2 323	746	22
в том числе:							
пшеница	0011	5 436	5 536	982	1 386	404	
рожь	0012						
просо	0013						
гречиха	0014						
тритикале	0015	370	370	65	50		15
кукуруза-всего	0016	2 674	2 682	495	836	341	
кукуруза на зерно	0016а	2 674	2 682	495	836	341	
ячмень	0017	304	304	54	47		7
из кода 0017: ячмень пивоваренный	0018						
овес	0019	21	21	3	4	1	
горох и пелюшка	0020						
люпин	0021						
вика	0022						
Подсолнечник	0030						
Рапс	0060	1 032	1 032	431	737	306	
Картофель	0070	437	420	49	49	6	6
в том числе: на промышленную переработку	0071	89	83	11	5		6
Сахарная свекла	0080	28 979	25 403	1 342	1 696	354	
	0090						
Лен – семя	0091						
Льногреста	0100						
Овощи открытого грунта	0130	379	367	194	220	26	
Овощи защищенного грунта	0140						
Плоды семечковые, косточковые	0160						
Ягоды, т	0170						
Травяная мука	0180						
Продукция растениевод- ства собственного произ- водства, реализованная в переработанном виде	0190	X	X				
Другая продукция расте- ниеводства	0200	X	X				
<b>Итого по растениеводству</b> (сумма строк 0010,0030- 0190,0200)	0210	X	X	3421	4805	1412	28

Вид продукции	Код	Продано – всего					
		количество, тонн		полная себестоимость проданной продукции	выручено	финансовые результаты	
		в натуре	в зачетном весе			прибыль	убыток
А	Б	1	2	3	4	5	6
<b>ПРОДУКЦИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА</b>							
Скот и птица в живой массе (стр.0290, 0300, 0310, 0320, 0340, 0360)	0220	3 480	3 482	X	X	X	X
в том числе:							
Продано на мясо (в живой массе): крупный рогатый скот – всего	0230	828	828	2 400	1 918		482
в том числе из стр. 230: КРС молочного направления	0231	623	623	1 834	1 397		437
КРС мясного направления	0232	205	205	566	521		45
свиньи	0240	2 639	2 641	5 918	6 215	297	
овцы и козы	0250						
птица всякая	0260						
лошади	0270						
прочие животные	0280						
Итого (сумма стр.0230+0240+0250+0260+0270+0280)	0290	3 469	3 471	8 322	8 138	298	482
Продано на племенные цели и прочая продажа (живая масса, кроме стр.0350): крупный рогатый скот – всего	0300	1	1	3	3		
в том числе:							
молочного направления	0301	1	1	3	3		
мясного направления	0302						
свиньи	0310	8	8	18	32	14	
овцы и козы	0320						
птица взрослая и молодняк	0340						
птица (суточные птенцы), тыс. голов	0350						
лошади	0360	2	2	5	3		2
Молоко цельное	0370	17 065	17 224	5 652	8 476	2 824	
Продукция животноводства собственного производства, реализованная в переработанном виде	0380	X	X	3 643	2 966	66	743
в том числе:							
стоимость переработки	0381	X	X	438	357	8	89
Из строки 0380 реализовано:	0382						
молочные продукты (в пересчете на молоко)							
в том числе:							
стоимость переработки	0382a	X	X				
мясо и мясопродукты (в пересчете на живой вес) – всего	0383	1 709	1 714	3 643	2 966	66	743
в том числе:							
стоимость переработки	0383a	X	X	438	357	8	89
крупный рогатый скот	0384	626	630	1 421	678		743
в том числе:							
стоимость переработки	0384a	X	X	170	81		89
свиньи	0385	1 082	1 083	2 220	2 286	66	
в том числе:							
стоимость переработки	0385a	X	X	268	276	8	
овцы и козы	0386						
птица	0387						
рыба	0388						
Шерсть всякая, ц	0390						
Яйца, тыс. штук	0400		X				
Мед, ц	0410	3	X				
Рыба прудовая, ц	0420		X				
Продукция звероводства	0430	X	X				
Другая продукция	0440	X	X				
<b>Итого по животноводству (сумма строк 0290-0380,0390-0440)</b>	0450	X	X	17 632	19 608	3 201	1 225

**ПРОИЗВОДСТВО И СЕБЕСТОИМОСТЬ**

Культуры	Код	Фактически убранная площадь, га	Затраты – всего, тыс. руб.	В том числе								
				оплата труда с начислениями	семена	удобрения и средства защиты растений	затраты по содержанию основных средств	работы и услуги	стоимость ГСМ на технологические цели	стоимость энергоресурсов (газ, электроэнерг., теплоэн. на техн.цели	прочие прямые затраты	затраты по организации производства
А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Зерновые и бобовые (озимые и яровые) без кукурузы	0010	3 022	3 311	493	138	1 438	35	596	336	208	5	62
в том числе: озимые зерновые	0011	1 727	2 135	330	86	910	22	388	219	135	5	40
яровые зерновые (без кукурузы)	0012	1 147	1 099	149	28	515	12	195	110	68		22
зернобобовые	0013	148	77	14	24	13	1	13	7	5		
из кодов 0011 и 0012 в т.ч. ячмень пивоваренный	0014											
Кукуруза и зерно	0020	1 059	1 651	211	225	451	22	338	190	117	80	17
Сахарная свекла	0040	490	1 259	55	162	670		152	94			126
Лен-долгунец	0050											
Льготреста	0060	X			X	X						
Картофель	0090	14	72	42	9	9	2	4	3	2		1
Овощи открытого грунта	0100	210	322	45	203	35	2	19	10	6		2
Овощи защищенного грунта (используемая площадь)	0110	кв.м.										
Рапс	0111	367	459	31	43	300	2	38	22	13		10
Плоды (семечковые, косточковые)	0120	X	955	405	6	189	185	67	37	23	11	32
Кормовые корнеплоды	0150											

**ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА**

Код	Сбор продукции			Себестоимость		Прямые затраты труда на продукцию – всего, тыс.чел.-час	Сбор продукции в переводе на к.ед., т
	наименование	всего, т	с 1 га, ц	всего, тыс. руб.	единицы продукции, руб.		
В	Г	1	2	3	4	5	6
0255	Зерно в первоначально оприходованной массе	19 927	65,9				
0258	Зерно в физической массе после доработки (очистка и сушка)	17 859	59,1	3 131	175	106	22 774
0260	Зерно в первоначально оприходованной массе	13 187	76,4				
0270	Зерно в физической массе после доработки (очистка и сушка)	11 806	68,4	2 007	170	71	14 531
0271	Зерно в первоначально оприходованной массе	6 112	53,3				
0272	Зерно в физической массе после доработки (очистка и сушка)	5 511	48	1 047	190	33	7 445
0273	Зерно в первоначально оприходованной массе	628	42,4				
0274	Зерно в физической массе после доработки (очистка и сушка)	542	36,6	77	142	2	798
0275	Зерно в первоначально оприходованной массе						
0276	Зерно в физической массе после доработки (очистка и сушка)						
0280	Зерно в физической массе	20 513	193,7				
0290	Зерно в пересчете на сухое	14 134	133,5	2 396	247	77	27 695
0310	Свекла	28 979	591,4	1 259	43	23	8 694
0320	Семена						
0330	Соломка						
0350	Треста		X				
0390	Картофель	586	418,6	72	123	12	176
0400	Овощи открытого грунта	1 141	54	322	282	14	148
0410	Овощи защищенного грунта		кг				
0411	Семена рапса	1 173	32	459	391	6	2 395
0420	Плоды	1 848	X	955	517	75	
0450	Корнеплоды						

Культуры	Код	Фактически убранная площадь, га	Затраты – всего, тыс. руб.	В том числе								
				оплата труда с начислениями	семена	удобрения и средства защиты растений	затраты по содержанию основных средств	работы и услуги	стоимость ГСМ на технологические цели	стоимость энергоресурсов (газ, электро-эн., теплоэн. на техн.цели	прочие прямые затраты	затраты по организации производства
А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Многолетние травы	0151	100 на сено										
	0152	42 на семена										
	0153	1 502 на зел. массу										
	0160	на выпас	687	60	63	152	6	207	116	72	1	10
Однолетние травы	0161	на сено										
	0162	10 на семена										
	0163	282 на зел. массу										
	0170	на выпас	96	9	11	29		24	13	8	1	1
Кукуруза на силос, зеленый корм	0180	855	1 239	75	357	494	4	118	66	41	71	13
Силосные культуры (без кукурузы)	0190											
Сенокосы естеств. и пастбища (естеств.)	0200	14 на сено										
	0201	293 на зел. массу										
	0202	30 на выпас	39	4		16		10	6	3		
Улучшенные сенокосы и пастбища	0210	185 на сено										
	0211	820 на зел. массу										
	0212	на выпас	191	11	1	72		56	32	19		
Прочие культуры	0220		163	9	45	46		34	18	11		
Силосование	0230	X	1 402	28	X	X	10	51	28	17	1 264	4

## Окончание Формы № 9-АПК лист 3

А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сенажи- рование	0240	X	1 023	44	X	X	27	108	63	39	734	8
в т.ч. зерносе- нажи- рование	0241	X			X	X						
Всего по растение- водству	0250	X	13 74 5	1 727	13 58	4 205	308	1 936	1 090	672	2 241	208

Всего посевов  
(0251)

**8 223 га**

<sup>2</sup> С учетом зерноотходов на полноценное зерно.

**Форма № 9-АПК лист 4**

Код	Сбор продукции			Себестоимость		Прямые затраты труда на продукцию – всего, тыс. чел.-час	Сбор продукции в переводе на к.ед., т
	наименование	всего, т	с 1 га, ц	всего, тыс. руб.	единицы продукции, руб.		
В	Г	1	2	3	4	5	6
0460	Сено	592	59,2	29	49	2	290
0470	Семена	12	2,9	29	2 417		144
0480	Солома		X				
0490	Зеленая масса	42 434	283	636	15		8 911
0500	Выпас (зеленая масса)					X	
0510	Сено						
0520	Семена	21	21	12	571		43
0530	Солома		X				
0540	Зеленая масса	5 249	186	84	16	2	927
0550	Выпас (зеленая масса)					X	
0560	Зеленая масса кукурузы	30 293	354	1 239	41	18	8 482
0570	Зеленая масса силосных (без кукурузы)						
0580	Сено естественных	87	62,1	3	29		42
0581	Зеленая масса	4 031	138	33	8	1	726
0582	Выпас (зеленая масса)	638	212,7	5	10	X	114
0590	Сено улучшенных	1 066	57,6	42	39		522
0591	Зеленая масса	14 367	175	174	12	3	2 586
0592	Выпас (зеленая масса)					X	
0600	Прочие	X	X	163	X	2	847
0610	Силос	28 160	X	1 402	50	6	
0620	Сенаж	26 524	X	1 023	39	11	
0630	Всего	X	X	12 723	X	347	87 466

Выход кормовых единиц на 100 балло - гектаров (ц. к. ед.):

0631	сельхозугодий	217,1
0632	пашни	237,7

А	Код	Сбор продукции в переводе на к.ед., т	
	Б	1	2
6.Фактическая стоимость прочей продукции растениеводства, не включенной в коды 0258-0620	0660	106	1 950
7.Количество заложенной зеленой массы на силос, т	0663	30 859	
8.Количество зеленой массы, израсходованной на приготовление травяной муки, т	0664		
9.Количество заложенной зеленой массы на приготовление сенажа, т	0670	50 014	
10.Стоимость рассады, зеленой массы, использованной на приготовление силоса, сенажа и соломки льна-долгунца для переработки в тресту, тыс. руб.	0671	1 966	



**7. Площадь садов, виноградников и других многолетних**

	Код	Посажено в отчетном году новых садов, га	Наличие насаждений на конец года, га	Площадь насаждений в плодоносящем возрасте, га
А	Б	1	2	3
Семечковые (яблоня, груша, айва)	710	10	145	111
Косточковые (слива, вишня, абрикос, персик и другие)	720		2	2
Ягодники (земляника, клубника, малина, смородина, крыжовник, черноплодная рябина и другие), т	730		14	14

**16. Землепользование на 1 января 2017 года**

	Код	Валовой выход посадочного материала, тыс. штук
А	Б	1
Питомники:		
плодовые	083 0	24
ягодные	084 0	15
виноградные	085 0	
	086 0	

	Код
А	Б
Общая земельная площадь	0870
Всего сельскохозяйственных угодий	0880
из них:	
пашня	0881
сенокосы	0882
пастбища (без оленьих)	0883

**Справочно:**

Посеяно под урожай будущего года:	Код		Затраты, тыс. руб.	Код	Затраты на единицу, тыс. руб.
А	Б	1	2		3
озимых зерновых на зерно и зеленый корм, га	950	2 000	689	951	0,3
озимого рапса, га	960	615	263	961	0,4
Поднято зяби, га	970	3 475	120	971	0
Многолетние травы, га	980	72	43	981	0,6
Заготовка органики, тонн	990	60 934	717	991	0
Затраты под урожай яровых и однолетних культур	1000	X	212	1001	X
Прочие затраты в растениеводстве	1010	X	123	1011	X
Затраты в незавершенном производстве : животноводства	1020	X	8	1021	X

**насаждений, валовой сбор продукции**

Валовой сбор урожая, т		Сбор урожая с 1 га насаждений в плодоносящем возрасте, (гр.5 : гр.3), т	Затраты на продукцию, полученную с насаждений в плодоносящем возрасте, тыс. руб.	Себестоимость единицы продукции фактически (гр.7 : гр.5), руб.
всего	в том числе насаждений в плодоносящем возрасте			
4	5	6	7	8
<b>1 841</b>	<b>1 841</b>	<b>16,6</b>	<b>951</b>	<b>516,6</b>
<b>6,5</b>	<b>6,5</b>	<b>3,3</b>	<b>4</b>	<b>615,4</b>
<b>27,4</b>	<b>27,4</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>948,9</b>

**(по данным государственного учета земель)**

Гектары	Баллогектары, га		Код	Гектары	Баллогектары, га
1	2	А	Б	1	2
<b>10 749</b>	<b>X</b>	Площадь леса	0890	<b>224</b>	<b>X</b>
<b>9 717</b>	<b>425 646</b>	Пруды и водоемы	0900	<b>57</b>	<b>X</b>
<b>8 214</b>	<b>373 396</b>	Приусадебные участки, коллективные сады и огороды работников хозяйств	0910		<b>X</b>
		Кроме того, площадь пашни в краткосрочном пользовании хозяйства	0920		<b>X</b>
<b>337</b>	<b>X</b>	Наличие орошаемых земель	0930		<b>X</b>
<b>1 005</b>	<b>X</b>	Наличие осушенных земель	0940	<b>1 716</b>	<b>X</b>

**Справочно:**

	Код		Затраты, тыс. руб.		Затраты на единицу, тыс. руб.
А	В	1	2		3
Произведено травяной муки, тонн	1030			1031	
Заготовлено зерна методом плущения, тонн	1040			1041	

**Форма № 13-АПК лист 1**  
**ПРОИЗВОДСТВО И СЕБЕСТОИМОСТЬ**

Виды животных	Код	Средне-годовое поголовье	Заграты- всего, тыс. руб.	В том числе							
				оплата труда с начислениями	корма	заграты на содержание основных средств	работы и услуги	Ст-ль энергоресурсов (газ, э/энергия, тепл./эпн.) на технологические цели	Стоимость нефтепродуктов	прочие прямые заграты	заграты организации производства
A	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Крупный рогатый скот</b> Молочного направления: основное стадо молочного скота	10	<b>1 988</b>	<b>6 455</b>	<b>1 100</b>	<b>3 408</b>	<b>437</b>	<b>569</b>	<b>242</b>	<b>98</b>	<b>476</b>	<b>125</b>
животные на выращивании и откорме	20	<b>4 077</b>	<b>3 936</b>	<b>576</b>	<b>2 560</b>	<b>150</b>	<b>260</b>	<b>27</b>	<b>63</b>	<b>172</b>	<b>128</b>
Мясного направления: основное стадо мясного скота	30	X	<b>555</b>	<b>99</b>	<b>326</b>	<b>3</b>	<b>58</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>29</b>	<b>16</b>
в том числе: коровы	31		X	X	X	X	X	X	X	X	X
молодняк до 8 месяцев	32										
Животные на выращивании и откорме	40	<b>446</b>	<b>402</b>	<b>57</b>	<b>297</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>5</b>
<b>Свиноводство – всего</b>	50	X	<b>8 626</b>	<b>855</b>	<b>5 659</b>	<b>323</b>	<b>72</b>	<b>344</b>	<b>395</b>	<b>725</b>	<b>253</b>
в том числе: основное стадо свиней	51	<b>997</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
свиньи на выращивании и откорме	52	<b>13 624</b>									
<b>Овцеводство – всего</b>	60	X									
в том числе: основное стадо (с ягнятами до отбивки)	61		X	X	X	X	X	X	X	X	X
овцы на выращивании (после отбивки) и откорме	62										

А	В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Птицеводство:</b> куры взрос- лые, тыс. гол.	80										
молодняк кур на выращивании, тыс. гол.	90										
Прочая птица: взрослая, тыс. гол.	100										
молодняк прочей птицы на выращивании, тыс. гол.	110										
Инкубация	120	прон- куби- ровано яиц тыс. шт.									
Пчеловодство	160	число семей в период медо- сбора									
<b>Звероводство</b>	170	X									
<b>Рыбоводство</b>	180	X									
<b>Кролико- водство</b>	190	X									
	200	X									
<b>Прочие отрасли</b>	210	X									
<b>Всего по животно- водству</b>	220	X	20 037	2 720	12 252	933	976	627	583	1 416	530

**ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА**

Выход продукции				Себестоимость		Прямые затраты на продукцию – всего, тыс. чел. час.
наименование	код	единица измерения	количество	всего, тыс. руб.	единицы продукции, руб.	
В	Г	Д	1	2	3	4
молоко	230	т	18 160	5 662	312	194
приплод	240	голов	2 401	X	X	X
масса телят при рождении	245	т	72	629	8 736	22
прирост	250	т	1 201	3 773	3 142	123
молоко от коров первотелок за время оценки их фактической продуктивности	255	т				
приплод	260	голов		X	X	
масса телят при рождении	265	т				
прирост	270	т				
молоко	280	т				
прирост	285	т	149	373	2 503	14
масса поросят при рождении	290	т	35	76		
поросята-отъемыши	300	голов	33 296	X		
прирост	310	т	521	1 135		
прирост	315	т	3 309	7 209	2 179	181
ягнота на момент отбивки	320	голов		X	X	X
масса ягнят при отбивке	325	т				
прирост	330	т				
шерсть	340	ц				
яйца кур	470	тыс. шт.				
прирост	480	т				
яйца прочей птицы	490	тыс. шт.				
прирост	500	т				
суточные птенцы	510	тыс. голов				
в том числе ликвидировано петушков в суточном возрасте	515	тыс. голов		X	X	
приплод	520	голов				
прирост	530	голов	X		X	
прирост	540	голов	X	5	X	
мед	550	ц				
рои	560	Штук				
воск	570	ц				
прочая	571	тыс. руб.	X		X	
деловой выход	580	голов				
рыба	590	ц				
<b>Всего</b>	630	тыс. руб.	X	19 439	X	570

СПРАВКИ

	Код	Единица измерения	Сумма, количество
A	Б	В	Г
Получено навоза	640	т	<b>112 481</b>
Стоимость навоза	650	тыс. руб.	<b>597</b>
2.Фактическая стоимость прочей продукции животноводства, не включенной в коды 230-621	660	тыс. руб.	<b>1</b>
3.Всего выращено скота и птицы в живой массе	680	т	<b>5 377</b>
4.Кроме того, закуплено у граждан по договорам (в зачетном весе): скота и птицы	690	т	<b>5</b>
в том числе: крупный рогатый скот	691	т	<b>5</b>
свиньи	692	т	
молока	700	т	<b>165</b>
шерсти	702	ц	
5.Поголовье овец на начало года	710	голов	

Продуктивность животных и птиц

	Код	Единица измерения	Количество
A	Б	В	Г
Среднегодовой удой молока от одной коровы	713	кг	<b>9 135</b>
Среднесуточный прирост: крупного рогатого скота – всего	714	г	<b>829</b>
в том числе: молочного направления	714А	г	<b>805</b>
мясного направления	714Б	г	<b>953</b>
свиней	715	г	<b>664</b>
птицы	715А	г	
Среднегодовой настриг шерсти с одной овцы	716	кг	
Среднегодовая яйценоскость от одной курицы-несушки	717	штук	
Выход меда от одной пчелосемьи	718	кг	<b>17,6</b>

Балансовая стоимость животных и птицы на конец 2016 года

	Код	Количество голов	Вес, тонн	Средний вес одной головы, кг	Стоимость тыс. руб.	в т. ч. племенной скот для целей обязательного страхования		
						Количество, голов	Вес, тонн	Сумма, тыс. руб.
A	Б	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
Коровы и быки – производители	719	<b>2 391</b>	<b>1 587</b>	<b>663,7</b>	<b>3 386</b>			
в том числе : коровы основного стада	719А	<b>2 390</b>	<b>1 587</b>	<b>664</b>	<b>3 382</b>			
Основные свиноматки и хряки-производители	720	<b>1 050</b>	<b>222</b>	<b>211,4</b>	<b>424</b>			
Овцематки, козوماتки и бараны-производители	721					X	X	X
Молодняк КРС и скот на откорме	722	<b>5 048</b>	<b>1 658</b>	<b>328,4</b>	<b>4 684</b>	X	X	X
Молодняк свиней и свиньи на выращивании и откорме	723	<b>20 298</b>	<b>1 221</b>	<b>60,2</b>	<b>2 625</b>	X	X	X
Молодняк овец	724					X	X	X
Птица всех возрастов	726					X	X	X
Пчелы	727	<b>34</b>	X		<b>4</b>	X	X	X
Кролики	729		X			X	X	X
Прочие	729А	X	X			X	X	X

**РАСХОД КОРМОВ**

Виды животных	Код	Израсходовано кормов – всего				В том числе покупных		Расход кормов на единицу продукции, кормо-единиц	
		т кормо-единиц	в том числе концентратов, т кормо-единиц	стоимость кормов – всего, тыс. руб	в т.ч. стоимость концентратов	т. кормо-единиц	стоимость, тыс. руб.	всего	в том числе концентратов
А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8
Коровы и быки производители (кроме рабочего скота)	010	13 381	5 762	3 067	1 741	1 096	1 001	737 на молоко	317 на молоко
Крупный рогатый скот на выращивании и откорме – всего	020	15 037	4 089	3 524	1 140	1 076	824	9 602 на прирост	2 611 на прирост
в том числе: молочного направления	021	11 950	3 431	2 901	940	731	701	9 387 на прирост	2 695 на прирост
мясного направления	022	3 087	658	623	200	345	123	10 536 на прирост	2 246 на прирост
Свиньи	030	15 163	13 981	5 659	5 463	2 483	3 463	3 923 на прирост	3 617 на прирост
Овцы и козы	040							X	X
Птица (всех видов)	050							X	X
в т.ч. из стр.50: куры и прочая птица взрослая	051							на 1000 штук яиц	на 1000 штук яиц
молодняк кур и прочей птицы на выращивании	052							на прирост	на прирост
Лошади	060							X	X
Прочие виды животных	070							X	X
Всего	080	43 591	23 834	12 263	8 345	4 655	5 288	X	X

БАЛАНС

Продукция	Код	Наличие на начало года	Приход			всего	продано – всего, включая возврат ссуд
			произведено (за вычетом неиспользуемых отходов)	куплено и прочие поступления			
				всего	в т. ч. по бартерным сделкам		
А	Б	1	2	3	4	5	6
Зерновые и зернобобовые, включая кукурузу на зерно	10	11 703	27 597	71		29 235	8 806
в том числе:	15	2 950	7 225	22		9 690	5 436
пшеница	16						
рожь	16						
Сахарная свекла (фабричная и на корм скоту)	20		28 979			28 979	28 979
Подсолнечник	30						
Картофель	40	103	586	86		572	437
Овоши	50	100	1 141			1 168	379
Площное зерно	60						
Кормовые корнеплоды и кормовые бахчевые	70						
Семена льна-долгунца	80						
Семена рапса	90	100	1 173			1 034	182
Сено всякое	110	487	1 745			1 875	6*
Солома озимая и яровая и мякина всякая (не включая стебли кукурузы)	120	15 589	10 833			21 966	5
Плоды и ягоды	130	32	1 875			1 243	1 228
	140						
Силос всех видов	150	17 683	28 160			21 558	
Сенаж	160	11 901	26 524			24 549	
Мука, крупа, отруби и другие продукты переработки зерна	170						*
Комбикорм	190	251	23 508	82		23 680	*
Масло растительное	200	25	304			311	152
Мясо и сало (включая субпродукты) в убойном весе	220		787			783	684
Молоко всякое	230	24	18 160	150		18 309	17 065
Масло животное в натуре	250						
Шерсть всякая, физический вес в ц	260						
Яйца всех видов птицы, тыс. штук	270						
Мед, ц	280	2	6			8	3
Сахар	290	4		18		13	
Кожевенное сырье всех видов животных, штук	295	405	11 355			11 192	11 192

\*Из строки 110, гр.6 в том числе продано работникам организации (296)

\*Из строки 170, гр.6 в том числе продано работникам организации(297)

\*Из строки 190, гр.6 в том числе продано работникам организации(298)



**ПРОДУКЦИИ**

(в тоннах)

	Расход							
	в том числе							
	из графы 6 продано за пределы республи- ки	на корм скоту и птице	на семена	выдано в порядке оплаты труда	передано в пере- работку, зерно на плюще- ние	потери при хранении, принятые за счет хоз-ва (вкл. естеств. убыль)	прочие расходы на хо- зяйст- венные нужды	наличие на конец года (гр.1+2+3-5)
7	10	11	12	13	14	15	16	
10		194	826		19 409			10 136
15			377		3 877			507
16								
20								
30								
40		70	57				8	203
50		651	14		98		26	73
60								
70								
80								
90			2		850			239
110		946	X	90			833	357
120		702	X			200	21 059	4 456
130			X			15		664
140			X					
150		21 558	X					24 285
160		24 549	X					13 876
170			X					
190		23 680	X					161
200			X		159			18
220			X		61	38		4
230		1 244	X					25
250		X	X					
260		X	X					
270			X					
280			X		5			
290			X				13	9
295		X	X					568

**Пример решения экономико-математической задачи  
оптимизации программы развития отраслей  
сельскохозяйственной организации**

Имеется исходная информация по сельскохозяйственной организации. Необходимо составить и решить экономико-математическую задачу специализации и сочетания отраслей на перспективу – 3 года.

Наличие основных производственных ресурсов в организации выбираем из годового отчета организации, представленного в приложении 2.

Таким образом, ресурсы предприятия следующие:

а) земельные (форма № 9-АПК, листы 5 и 6):

– пашня – 8 214 га (строка 0881, столб. 1);

– сенокосы – 337 га (строка 0882, столб. 1);

– пастбища – 1 005 га (строка 0883, столб. 1);

б) трудовые:

– отработано в сельскохозяйственном производстве – 916 000 чел.-ч (форма № 6А-АПК строка 40, столб. 2 · 1000);

– труд в напряженный период, как правило, составляет 45 % от годового труда, таким образом, в прогнозном периоде он составит:

$$916\ 000 \cdot 0,45 = 412\ 200 \text{ чел.-ч};$$

– возможное привлечение труда со стороны принимаем в размере 5 % от наличия годового труда, таким образом, в прогнозном периоде он составит:

$$916\ 000 \cdot 0,05 = 45\ 800 \text{ чел.-ч.}$$

Дополнительные платежи за 1 чел.-ч привлеченного труда составят 3,9 усл. д. ед. за 1 чел.-ч.

в) объем покупки кормов (форма № 15-АПК, листы 1 и 2):

– картофель – 860 ц (строка 40, столб. 3)

– комбикорм – 820 ц (строка 190, столб. 3);

Хозяйство может закупать комбикорма по цене на 10 % выше закупочной государственной цены зерна, а также картофель по цене на 30 % ниже закупочной государственной цены продовольственного картофеля.

Стоит отметить, что в сельскохозяйственной организации получили развитие: зерновые культуры (яровые, озимые, зернобобовые),

кукуруза на зерно, сахарная свекла; картофель; овощи открытого грунта; рапс; кукуруза на силос; однолетние и многолетние травы; сенокосы и пастбища. При этом, сенокосы рекомендуется использовать для получения сена и сенажа, пастбища – для получения зеленого корма и сенажа.

Перечень возделываемых сельскохозяйственных культур выбираем, опираясь на форму № 9-АПК годового отчета. Фактические площади посева сельскохозяйственных культур отражены на листах 1 и 3, урожайности – на листах 2 и 4, а затраты годового труда на 1 гектар посева рассчитываем путем деления показателей формы № 9 АПК (листы 2 и 4, столб. 5) на данные площадей, занятых этой культурой.

Урожайность зерновых и кукурузы на зерно принимаем равной показателю в физической массе после доработки (очистки и сушки), то есть в бункерном весе.

Следует учитывать тот факт, что многолетние травы служат для получения сена и зеленой массы, а однолетние травы – для получения зеленой массы.

Зеленая масса многолетних трав используется для получения зеленого корма, при этом избыток зеленой массы в мае, июне, июле, августе необходимо использовать для получения сенажа. Причем, выход сенажа, в среднем, составляет 55 %.

Также его можно найти исходя из данных статистической отчетности предприятия (формы №9-АПК):

$$\frac{\text{ф. 9, лист 4, строка 0620, столбец 1}}{\text{ф. 9, лист 4, строка 0670, столбец 1}} = \frac{26524}{50\ 014} = 0,53, \text{ или } 53 \%$$

Таким образом, выход сенажа с 1 ц зеленой массы для дальнейших расчетов составит 53 %.

Зеленая масса однолетних трав используется для получения зеленого корма.

Зеленая масса кукурузы используется для получения силоса и зеленого корма. Причем, выход силоса составляет 91 % от выхода зеленой массы кукурузы. Данный показатель рассчитан на основе данных формы № 9-АПК:

$$\frac{\text{ф. 9, лист 4, строка 0610, столбец 1}}{\text{ф. 9, лист 4, строка 0663, столбец 1}} = \frac{28\,160}{30\,859} = 0,91, \text{ или } 91 \%$$

Условные площади сенокосов и пастбищ, в случае отсутствия данных в строках 0200, 0201, 0202, 0210, 0211, 0212 и наличия данных в строках 0881, 0882, 0883, принимаем следующие:

– площадь сенокосов на сено – 40 % площади сенокосов из строки 0882, остальное – на сенаж;

– площадь пастбищ на зеленый корм – 60 % площади пастбищ из строки 0883, остальное – на сенаж.

Например:

а) озимые зерновые (форма № 9-АПК, листы 1 и 2):

– площадь посева – 1 727 га (строка 0011, столб. 1);

– урожайность – 68,4 ц/га (строка 0270, столб. 2);

– средние затраты труда на 1 га –  $71 \cdot 1000 : 1\,727 = 41,11$  чел.-ч/га (строка 0270, столб. 5 делится на строку 0011, столб.1).

Аналогичным образом рассчитывается урожайность яровых зерновых, зернобобовых, кукурузы на зерно, сахарной свеклы, картофеля, овощей открытого грунта, рапса.

б) кукуруза на силос, зеленый корм (форма № 9-АПК, листы 3 и 4):

– площадь посева – 855 га (строка 0180, столб. 1);

– урожайность кукурузы:

на зеленый корм – 354 ц/га (строка 0560, столб. 2);

на силос –  $354 \cdot 0,91 = 322,14$  ц/га;

– средние затраты труда на 1 га кукурузы на силос и зеленый корм составляют:  $18 \cdot 1000 : 855 = 21,05$  чел.-ч/га (строка 0560, столб. 5 делится на строку 0180, столб. 1). Тогда условные затраты труда на 1 га кукурузы на силос составят:  $21,05 \cdot 1,2 = 25,26$  чел.-ч/га, кукуруза на зеленый корм – 21,05 чел.ч/га;

в) многолетние и однолетние травы (форма № 9-АПК, листы 3 и 4):

– площадь посева:

однолетние травы –  $10 + 282 = 292$  га (сумма строк 0161, 0162, 163, 170 столб. 1);

многолетние травы – 1644 га, так как минимальное значение между показателями:

$$[8\,214 - (3022 + 1059 + 490 + 14 + 210 + 367 + 292 + 855)] = 1905 \text{ га}$$

$$\text{и } 100 + 42 + 1502 = 1644 \text{ га.}$$

Таким образом, отмечается недоиспользование посевных площадей на 261 га;

– урожайность:

однолетние травы на зеленый корм – 186 ц/га (строка 0540, столб. 2);

многолетние травы на сено – 59,2 ц/га (строка 0460, столб. 2);

многолетние травы на зеленый корм – 283 ц/га (строка 0490, столб. 2);

многолетние травы на сенаж –  $283 \cdot 0,53 = 149,99$  ц/га;

– средние затраты труда составляют на 1 га:

однолетние травы на зеленый корм:  $2 \cdot 1000 : 282 = 7,09$  чел.ч/га (строка 0540, столб. 5 делится на строку 0163, столб. 1);

многолетние травы на сено:  $2 \cdot 1000 : 100 = 20,00$  чел.ч/га (строка 0460, столб. 5 делится на строку 0151, столб. 1);

многолетние травы на сенаж и зеленый корм – берем равные условному показателю из таблицы ПЗ.1;

г) сенокосы (форма № 9-АПК, листы 3 и 4):

– площадь посева сенокосов:

на сено –  $14 + 185 = 199$  га (сумма строк 0200 и 0210 столб. 1);

на сенаж –  $(337 - 199) = 138$  га;

– урожайность:

на сено – 62,1 ц/га (максимальный показатель строк 0580 и 0590 столб. 2);

коэффициент соотношения урожайности сенокосов на сенаж к урожайности сенокосов на сено составляет 2,5, поэтому урожайность сенокосов на сенаж равна:  $2,5 \cdot 62,1 = 155,25$  ц/га;

– средние затраты труда на 1 га:

сенокосов на сено берем равные условному показателю из таблицы ПЗ.1, так как показатели в строках 0580, 0590 столб. 5 отсутствуют;

коэффициент соотношения затрат труда на 1 га сенокосов на сенаж к затратам труда на 1 га сенокосов на сено составляет 0,8, поэтому затраты труда на 1 га сенокосов на сенаж составляют:  $12 \cdot 0,8 = 9,6$  ц/га;

д) пастбища (форма № 9-АПК, листы 3 и 4):

– площадь пастбищ:

на зеленый корм –  $30 + 0 = 30$  га (сумма строк 0202, 0212 столб. 1);

на сенаж –  $(1\ 005 - 30) = 975$  га;

– урожайность:

на зеленый корм – 212,7 ц/га (максимальный показатель строк 0582, 0592 столб. 2);

на сенаж –  $212,7 \cdot 0,53 = 112,73$  ц/га;

– средние затраты труда на 1 га:

на зеленый корм – так как показатели в строках 0582, 0592 столб. 5 отсутствуют, то берем равные условному показателю из табл. ПЗ.1;

коэффициент соотношения затрат труда на 1 га пастбищ на сенаж к затратам труда на 1 га пастбищ на зеленый корм составляет 1,2, поэтому затраты труда на 1 га пастбищ на сенаж составляют:  $13 \cdot 1,2 = 15,6$  ц/га.

Таблица ПЗ.1

Условные затраты труда, чел.-ч

Культура	Условные затраты труда
Многолетние травы:	
на сено	23
сенаж	18
зеленый корм	13
Однолетние травы на зеленый корм	13
Кукуруза на силос, зеленый корм	28
Сенокосы:	
на сено	12
сенаж	9,6
Пастбища:	
на сенаж	15,6
зеленый корм	13

Все полученные величины площадей посева, урожайностей и затрат труда заносим в табл. ПЗ.2.

Параметры развития отраслей растениеводства

Культура	Площадь посева, га	Урожайность фактическая, ц/га	Фактические затраты труда, чел.-ч
<b>Зерновые и бобовые:</b>			
озимые зерновые	1727	68,40	41,11
яровые зерновые	1147	48,00	28,77
зернобобовые	148	36,60	13,51
Кукуруза на зерно	1059	133,50	50,05
Сахарная свекла	490	591,40	46,94
Картофель	14	418,60	857,14
Овощи открытого грунта	210	54,00	66,67
Рапс	367	32,00	16,35
<b>Многолетние травы:</b>			
на сено	1905	59,20	20,00
сенаж		149,99	18,00
зеленый корм		283,00	13,00
Однолетние травы на зеленый корм	292	186,00	7,09
<b>Кукуруза:</b>			
на силос	855	322,14	25,26
зеленый корм		354,0	21,05
<b>Сенокосы:</b>			
на сено	199	62,10	12,00
сенаж	138	155,25	9,60
<b>Пастбища:</b>			
на сенаж	975	112,73	15,60
зеленый корм	30	212,7	13,00

Данные по продуктивности животных выбираем из формы № 13-АПК (форма № 13-АПК, лист 3):

– среднегодовой удой молока от одной коровы – 91,35 ц (строка 713, столб. 1);

– среднесуточный прирост крупного рогатого скота – 829 г (строка 714, столб. 1), а среднегодовой прирост составит:  
 $9 \cdot 365 : 100\ 000 = 3,03$  ц;

– среднесуточный прирост свиней – 664 г (строка 715, столб. 1), среднегодовой прирост составит:  $664 \cdot 365 : 100\,000 = 2,42$  ц.

Среднегодовое поголовье составит (форма № 13-АПК, лист 1):

– коровы – 1 988 гол. (строка 10, столб. 1);

– животные на выращивании и откорме –  $4\,077 + 446 = 4\,523$  гол. (сумма строк 20 и 40, столб. 1);

– основное стадо свиней – 997 гол. (строка 51, столб. 1);

– свиньи на выращивании и откорме – 13 624 голов (строка 52, столб. 1).

Фактический расход кормов на 1 ц продукции следующий (форма № 14-АПК):

– на 1 ц молока – 0,737 ц (строка 010 : 1000);

– на 1 ц прироста молодняка КРС – 9,602 (строка 020 : 1000);

– на 1 ц прироста свиней на выращивании и откорме – 3,923 (строка 030 : 1000).

Затраты годового труда на голову рассчитываем, используя данные формы № 13-АПК, лист 2, столб. 4, коды 230, 250 и 315. Полученные данные делим на среднегодовое поголовье животных соответствующей группы.

Затраты годового труда составят:

– на корову –  $194 : 1\,988 \cdot 1000 = 97,59$  чел.-ч;

– на голову молодняка КРС –  $(123 + 14) : (4\,077 + 446) \times 1000 = 30,29$  чел.-ч;

– на голову свиней –  $181 : (997 + 13\,624) \cdot 1000 = 12,38$  чел.-ч.

Стоит отметить, что на 997 голов основного поголовья свиней в среднем было затрачено:  $997 \cdot 12,38 = 12\,342,86$  чел.-ч.

Все данные заносим в табл. ПЗ.3.

Таблица ПЗ.3

Параметры развития животноводства

Вид животного	Среднегодовое поголовье, Гол.	Продуктивность, ц	Расход кормов на единицу продукции, ц	Затраты труда на 1 гол., чел.-ч
Коровы	1 988	91,35	0,737	97,59
Молодняк КРС	4 523	3,03	9,602	30,29
Свиньи на выращивании и откорме	13 624	2,42	3,923	12,38



Обоснование прогнозных показателей отраслей и производств на год освоения программы начинаем с прогнозирования средней урожайности зерновых культур.

Средняя урожайность зерновых в фактическом периоде составила:

$$(68,4 + 48,0 + 36,6) : 3 = 51,0 \text{ ц/га.}$$

Для этого по данным фактической урожайности зерновых за 10 или более лет рассчитаем параметры линейной КМ типа

$$y_j^x = y_j^0 + a_1 t, \quad (\text{ПЗ.1})$$

где  $y_j^x$  – расчетная урожайность, ц/га в хозяйстве  $j$ ;

$y_j^0$  – фактическая урожайность зерновых на начало расчетного периода, ц/га;

$a_1$  – коэффициент регрессии или эластичности;

$t$  – прогнозный период.

Таблица ПЗ.4

Среднегодовое приращение

$y_j^0$	Среднегодовое приращение, $a_1$
До 20	2,4 – 2,3
20,1–25	2,2 – 2,1
25,1–30	2,0 – 1,9
30,1–35	1,8 – 1,5
35,1–40	1,4 – 1,0
40 и более	0,9 – 0,6

Следует напомнить, что на основе КМ получаем возможную в условиях хозяйства урожайность зерновых культур. Чтобы достигнуть этого уровня, необходимо предусмотреть внесение удобрений и другие мероприятия.

Рассчитаем перспективную урожайность зерновых и зернобобовых культур хозяйства.

*Озимые зерновые*

Так как  $y_j^0 = 68,4$  ц/га, т. е. принадлежит промежутку [40 и более], то  $a_1$  принадлежит [0,9–0,6], следовательно,  $a_1 = 0,6$ .

Тогда  $y_j^x = 0,6 \cdot 3 + 68,4 = 70,2$  ц/га.

*Яровые зерновые*

Так как  $y_j^0 = 48,0$  ц/га, т. е. принадлежит промежутку [40 и более], то  $a_1$  принадлежит [0,9–0,6], следовательно,  $a_1 = 0,7$ .

Тогда  $y_j^x = 0,7 \cdot 3 + 48,0 = 50,1$  ц/га.

*Зернобобовые*

Так как  $y_j^0 = 36,6$  ц/га, т. е. принадлежит промежутку [35,1–40], то  $a_1$  принадлежит [1,4–1,0], следовательно,  $a_1 = 1,2$ .

Тогда  $y_j^x = 1,2 \cdot 3 + 36,6 = 40,2$  ц/га.

Средняя прогнозная урожайность зерновых составит  
 $(70,2 + 50,1 + 40,2) : 3 = 53,5$  ц/га.

Далее, используя метод корреляционно-регрессионного анализа, рассчитаем прогнозные показатели отраслей.

При обосновании урожайности других сельскохозяйственных культур используем КМ соотношения средней урожайности зерновых и этих сельскохозяйственных культур. После расчета параметры этих КМ будут иметь следующий вид:

$$y_j^x = a_0 x_j^{a_1}, \quad (\text{ПЗ.2})$$

где  $y_j^x$  – прогнозная урожайность сельскохозяйственной культуры хозяйства  $j$ ;

$a_0, a_1$  – параметры КМ;

$x_j$  – средняя перспективная урожайность зерновых культур хозяйства  $j$ .

Произведем расчет прогнозной урожайности других сельскохозяйственных культур:

– сахарная свекла:

$$y_j^x = 0,63 \cdot 51,9 x_j^{0,649} = 0,63 \cdot 51,9 \cdot 53,50^{0,649} = 432,72 \text{ ц/га};$$

– картофель:

$$y_j^x = 31,7 x_j^{0,581} = 31,7 \cdot 53,5^{0,581} = 320,06 \text{ ц/га};$$

– кукуруза на зеленый корм:

$$y_j^x = 53,3 x_j^{0,496} = 53,3 \cdot 53,5^{0,496} = 383,7 \text{ ц/га};$$

– многолетние травы на сено:

$$y_j^x = 8,0 x_j^{0,535} = 8 \cdot 53,5^{0,535} = 67,26 \text{ ц/га};$$

– многолетние травы на зеленый корм:

$$y_j^x = 4,5 \cdot 8,0 x_j^{0,535} = 4,5 \cdot 8 \cdot 53,5^{0,535} = 302,67 \text{ ц/га};$$

– однолетние травы на зеленый корм:

$$y_j^x = 2,76 x_j^{1,083} = 2,76 \cdot 53,5^{1,083} = 205,45 \text{ ц/га};$$

– сенокосы на сено:

$$y_j^x = 1,4 x_j - 3,3 = 1,4 \cdot 53,5 - 3,3 = 71,6 \text{ ц/га};$$

– пастбища на зеленый корм:

$$y_j^x = 4 \cdot (1,4 x_j - 3,3) = 4 \cdot (1,4 \cdot 53,5 - 3,3) = 286,4 \text{ ц/га}.$$

Урожайность пожнивных культур составит 53 % от урожайности многолетних трав на зеленый корм.

Так как расчетный показатель урожайности сахарной свеклы и картофеля ниже фактического значения, то в качестве прогнозного будет использован показатель на 10 % выше фактического:

– сахарная свекла:

$$591,4 \cdot 1,1 = 650,54 \text{ ц/га};$$

– картофель:

$$418,6 \cdot 1,1 = 460,46 \text{ ц/га}.$$

Так как расчетный показатель урожайности пастбищ на зеленый корм значительно превышает фактический (более чем на 20 %), для дальнейших расчетов используем показатель на 10 % выше фактического:

$$212,7 \cdot 1,1 = 234,0 \text{ ц/га}.$$

Прогнозная урожайность трав на силос и сенаж составит:

– многолетние травы на сенаж:

$$302,67 \cdot 0,53 = 160,42 \text{ ц/га};$$

– кукуруза на силос:

$$383,7 \cdot 0,91 = 349,17 \text{ ц/га};$$

– сенокосы на сенаж:

$$71,6 \cdot 2,5 = 179 \text{ ц/га};$$

– пастбища на сенаж:

$$234,0 \cdot 0,53 = 124,02 \text{ ц/га}.$$

Урожайность остальных сельскохозяйственных культур может быть увеличена в среднем за три года на 10 % и составит:

– кукуруза на зерно:

$$133,5 \cdot 1,1 = 146,85 \text{ ц/га};$$

– овощи открытого грунта:

$$54,0 \cdot 1,1 = 59,4 \text{ ц/га};$$

– рапс:

$$32,0 \cdot 1,1 = 35,2 \text{ ц/га}.$$

Распределение продукции с 1 га производим следующим образом:

а) озимые зерновые:

– на семена – 3 ц/га;

– на корм – 40 % от урожайности ( $70,2 \cdot 0,4 = 28,8$  ц/га). Столь значимое количество, предлагаемое на корм, обусловлено наличием в хозяйстве большого поголовья свиней;

– реализация – оставшаяся продукция ( $70,2 - 3,0 - 28,08 = 39,12$ ) ц/га.

б) яровые зерновые:

– на семена – 3 ц/га;

– реализация – 40 % от урожайности ( $50,1 \cdot 0,4 = 20,04$  ц/га);

– на корм – оставшаяся продукция ( $50,1 - 3,0 - 20,04 = 27,06$ ) ц/га;

в) зернобобовые:

– на семена – 3 ц/га;

– на корм идет вся оставшаяся продукция ( $40,2 - 3,0 = 37,2$ ) ц/га;

г) кукуруза на зерно:

– реализация – 25 % от урожайности ( $146,85 \cdot 0,25 = 36,71$  ц/га).

Согласно данным (форма № 7-АПК, строка 0016а) организация реализовала в отчетном году 2 682 т при производстве в 9 738 т (форма № 9-АПК, строка 0290), т. е. товарность составила 27,54 %. Следовательно, в прогнозном периоде товарность может составить не менее 25 %;

- на корм – оставшаяся продукция (146,85 – 36,71 = 110,14 ц/га);
  - д) картофель:
    - на семена – 40 ц/га;
    - на корм – 40 % от урожайности (460,46 · 0,4 = 184,18 ц/га);
    - на товарную продукцию идет вся оставшаяся продукция (460,46 – 40,0 – 184,18 = 236,28) ц/га;
  - е) рапс:
    - на семена 10 % (35,2 · 0,1 = 3,52 ц/га);
    - на товарную продукцию идет вся оставшаяся продукция (35,2 – 3,52 = 31,68) ц/га;
  - ж) сахарная свекла – все на реализацию.
- По всем остальным видам продукции – все на корм.
- Выход соломы составляет, в среднем, с 1 га зерновых, ц:

$$\frac{\text{ф. 15, лист 1, столбец 2}}{\text{ф. 9, лист 1, столбец 2}} \cdot 10 = \frac{10833}{3022} \cdot 10 = 35,85.$$

Тогда выход соломы составит:

с 1 га озимых зерновых – 68,4 : 59,1 · 35,85 = 41,49 ц/га;

с 1 га яровых зерновых – 48 : 59,1 · 35,85 = 29,12 ц/га,

где 59,1 – средняя фактическая урожайность зерновых культур, ц/га (форма № 9-АПК, лист 2, строка 0258, столб. 2).

Продуктивность среднегодовой коровы, привеса молодняка КРС и свиней можно рассчитать в зависимости от фактической на начало планового периода и приращения урожайности зерновых культур как мерил кормовой базы:

$$y_j^x = y_j^0 e^{\frac{\Delta u_j}{y_j^0 \sqrt{a} t}}. \quad (\text{П3.3})$$

Надой молока на среднегодовую корову, ц:

$$y_j^x = y_j^0 e^{\frac{\Delta u_j}{y_j^0 \sqrt{2,61} t}};$$

среднесуточный привес молодняка КРС, г:

$$y_j^x = y_j^0 e^{\frac{\Delta u_j}{y_j^0 \sqrt{0,0054} t}};$$

среднесуточный привес свиней, г:

$$y_j^x = y_j^0 e^{\frac{\Delta u_j}{y_j^0 \sqrt{0,0241} t}}.$$

где  $y_j^x, y_j^0$  – соответственно перспективная продуктивность животных и ее значение на начало планового периода в хозяйстве  $j$ ;

$\Delta u_j$  – приращение урожайности зерновых, т. е. разность между перспективной и фактической урожайностью в хозяйстве  $j$ :

$$\Delta u_j = 53,5 - 51,0 = 2,5;$$

где  $a$  – коэффициент регрессии (для коров – 2,6; для молодняка КРС – 0,0054; для свиней – 0,024);

$\lg$  – десятичный логарифм;

$t$  – продолжительность планового периода.

В результате расчетов получены следующие модели:

– надой молока на среднегодовую корову, ц:

$$y_j^x = y_j^0 e^{\frac{\Delta u_j}{\sqrt{a \lg t}}} = 91,65 e^{\frac{2,5}{91,35 \sqrt{2,6 \lg 3}}} = 93,62 \text{ ц};$$

– среднесуточный привес молодняка КРС, г:

$$y_j^x = y_j^0 e^{\frac{\Delta u_j}{\sqrt{0,0054 \lg t}}} = 829 e^{\frac{2,5}{829 \sqrt{0,0054 \lg 3}}} = 880 \text{ г}.$$

Тогда среднегодовая продуктивность составит

$$880 \cdot 365 : 100\,000 = 3,21 \text{ ц}.$$

– среднесуточный привес свиней, г:

$$y_j^x = y_j^0 e^{\frac{\Delta u_j}{\sqrt{0,024 \lg t}}} = 664 e^{\frac{2,5}{664 \sqrt{0,024 \lg 3}}} = 688 \text{ г}.$$

Тогда среднегодовая продуктивность составит

$$688 \cdot 365 : 100\,000 = 2,51 \text{ ц}.$$

Расход питательных веществ (ц к. ед.) на производство 1 ц продукции животноводства определяется с помощью КМ:

– молоко:

$$y_j^x = 0,63 + \frac{20,7}{x_2}, \quad (\text{ПЗ.4})$$

где  $x_2$  – надой молока на 1 корову за год, ц:

$$y_j^x = 0,63 + 20,7 : 93,62 = 0,851 \text{ ц};$$

– привес КРС:

$$y_j^x = 4,3 + \frac{3,03}{x_2}, \quad (\text{П3.5})$$

где  $x_2$  – среднесуточный привес, кг;

$$y_j^x = 4,3 + 3,03 : 0,880 = 7,743 \text{ ц};$$

– привес свиней:

$$y_j^x = 3,1 + \frac{1,52}{x_2}, \quad (\text{П3.6})$$

где  $x_2$  – среднесуточный привес, кг;

$$y_j^x = 3,1 + 1,52 : 0,688 = 5,309 \text{ ц}.$$

В случае, если расчетное значение расхода кормовых единиц на 1 ц молока и прироста живой массы более чем на 20 % отличается от фактического либо выше фактического, для дальнейших расчетов используем показатель на 5 % ниже фактического. Таким образом, расход питательных веществ (ц к. ед.) на производство 1 ц продукции составит:

– молоко: так как  $0,851 > 0,737$ , то  $y_j^x = 0,737 \cdot 0,95 = 0,700$  ц;

– на 1 ц прироста молодняка КРС: так как  $7,743 < 9,602$  и при этом отличается не более чем на 20 %, то  $y_j^x = 7,743$  ц;

– на 1 ц прироста свиней на выращивании и откорме: так как  $5,309 > 3,923$ , то  $y_j^x = 3,923 \cdot 0,95 = 3,727$  ц.

Далее необходимо рассчитать расход кормов на 1 голову:

– коровы:

$$93,62 \cdot 0,700 = 65,534 \text{ ц к. ед.};$$

– молодняк КРС на откорме:

$$3,21 \cdot 7,743 = 24,855 \text{ ц к. ед.}$$

– свиньи на откорме:

$$2,51 \cdot 3,727 = 9,355 \text{ ц к. ед.}$$

– на голову маточного поголовья свиней:

$$y_j^x = 10,8 + 0,38x_j, \quad (\text{ПЗ.7})$$

где  $x_j$  – годовой приплод (гол.) на одну свиноматку хозяйства  $j$  и рассчитывается по формуле (ПЗ.1);

приплод на основную свиноматку за один опорос:

$$y_j^x = 11,5 - \frac{0,75}{x_2}, \quad (\text{ПЗ.8})$$

где  $x_2$  – среднесуточный привес свиней на откорме, кг (планируется 1,8 опороса на основную свиноматку).

Тогда расход питательных веществ на 1 гол. маточного поголовья свиней составит:

11,5 – 0,75: 0,688 = 10 гол. – приплод на 1 свиноматку за 1 опорос;

10 · 1,8 = 18 гол. – годовой приплод 1 свиноматки;

10,8 + 0,38 · 18 = 17,640 ц к. ед.

Так как обеспеченность 1 ц к. ед. переваримым протеином в оптимальном рационе составляет, ц:

– для коров – 0,105;

– молодняка КРС – 0,102;

– свиней на откорме – 0,110.

Расход переваримого протеина на 1 гол. животного составит:

– для коров – 0,105 · 65,534 = 6,881 ц п. п..

– молодняка КРС на откорме – 0,102 · 24,855 = 2,535 ц п. п.;

– основного стада свиней – 0,110 · 17,640 = 1,940 ц п. п.;

– молодняка свиней – 0,110 · 9,355 = 1,029 ц п. п..

Стоит отметить, что основу рациона свиней основного стада (около 90 %) составляют концентраты, остальное – зеленый корм. Следовательно, расход кормов на содержание 1 гол. свиней основного стада составит:

концентраты – 17,64 · 0,9 = 15,87 ц к. ед. (или 15,87 ц);

зеленый корм – 17,64 – 15,87 = 1,77 ц к. ед. (или 1,77: 0,19 = 9,32 ц).

Таким образом, затраты концентратов на основное стадо свиней, с учетом 997 голов, составят 15,87 · 997 = 15 822 ц, и зеленого корма – 9,32 · 997 = 9292 ц.



Затраты труда (чел.-ч) на 1 га или среднегодовую (среднюю) голову можно рассчитать по КМ, в зависимости от фактических затрат труда на начало планового периода ( $x_1$ ) и урожайности сельхозкультуры или среднегодовой продуктивности животного, ц ( $x_2$ ) по следующей КМ:

$$y_j^x = 0,8x_j + 0,2k_j \frac{y_j}{y_0}, \quad (\text{П3.9})$$

где  $x_j$  – фактические затраты труда на 1 га сельскохозяйственной (1 гол. животного) хозяйства  $j$ ;

$k_j$  – нормативные затраты труда на 1 га сельскохозяйственной культуры (1 гол. животного) (представлены в табл. П3.5);

$y_j^x, y_0$  – соответственно прогнозная и фактическая на начало прогнозного периода урожайность сельскохозяйственной культуры хозяйства  $j$ , чел.-ч.

Таблица П3.5

Нормативные затраты труда

Культура/вид животного	$k_j$
Яровые зерновые	35
Озимые зерновые, рапс	37
Зернобобовые	42
Картофель	130
Корнеплоды (и овощи)	150
Сахарная свекла	85
1 голова коровы	140
1 голова молодняка КРС	26
1 голова молодняка свиней	12

Например, затраты труда на 1 га озимых зерновых:

$$y_j^x = 0,8x_1 + 0,2 \cdot 35 \frac{y_j}{y_0},$$

$$0,8 \cdot 41,11 + 0,2 \cdot 35 \cdot (70,2 : 68,4) = 40,48 \text{ чел.-ч/га,}$$

для сенокосов на сенаж:

$$y_j^x = p_j \left( 0,8x_1 + 0,2 \cdot 85 \frac{y_1}{y_0} \right),$$

$$0,8 (0,8 \cdot 9,6 + 0,2 \cdot 85 \cdot (179 : 155,25)) = 10,39 \text{ чел.-ч/га.}$$

В случае если расчетное значение затрат труда на 1 га (1 гол.) более чем на 20 % отличается от фактического либо выше фактического, то для дальнейших расчетов используем показатель на 5 % ниже фактического.

Так как  $10,39 > 9,6$  то  $y_j^x = 9,6 \cdot 0,95 = 9,12$  чел.-ч/га.

Затраты труда на 1 га пастбищ составляют 0,22 от соответствующих на 1 га сенокосов.

Таким образом, затраты труда на 1 га рапса составят:

$$y_j^x = 0,8x_1 + 0,2 \cdot 37 \frac{y_j}{y_0},$$

$$0,8 \cdot 16,35 + 0,2 \cdot 37 \cdot (35,2 : 32) = 21,22 \text{ чел.-ч/га,}$$

так как  $21,22 > 16,35$ , то  $y_j^x = 16,35 \cdot 0,95 = 15,53$  чел.-ч/га.

Аналогичным образом рассчитываем затраты труда на 1 гол. животного. Например, затраты труда 1 гол. коров составят:

$$y_j^x = 0,8x_1 + 0,2 \cdot 140 \frac{y_j}{y_0},$$

$$0,8 \cdot 97,59 + 0,2 \cdot 140 \cdot (93,62 : 91,35) = 106,77 \text{ чел.-ч/га,}$$

так как  $106,77 > 97,59$ , то  $y_j^x = 97,59 \cdot 0,95 = 92,71$  чел.-ч/га.

Затраты труда в напряженный период (в % от годовых): зерновые, зернобобовые, рапс, все кормовые культуры составят 45, лен, картофель, сахарная свекла, овощи – 65, животноводство – 33.

Результаты расчетов по отрасли растениеводства сводим в табл. ПЗ.6, которая будет основной рабочей таблицей по растениеводству.

Таблица ПЗ.6

Прогнозные параметры развития отраслей растениеводства

Культура	Урожайность прогнозная, ц/га	В том числе			Затраты труда	
		на корм	семена	товарная продукция	годовые	в напряженный период
Зерновые и бобовые:						
озимые зерновые	70,20	28,08	3,00	39,12	40,48	18,22

Культура	Урожай- ность прогноз- ная, ц/га	В том числе			Затраты труда	
		на корм	семена	товарная продук- ция	годовые	в напря- женный период
яровые зерновые	50,10	27,06	3,00	20,04	30,32	13,64
зернобобовые	40,20	37,20	3,00		20,03	9,01
Кукуруза на зерно	146,85	110,14		36,71	47,55	21,40
Сахарная свекла	650,54			650,54	44,59	28,98
Картофель	460,46	184,18	40,00	236,28	714,31	464,30
Овощи открытого грунта	59,40			59,40	63,34	41,17
Рапс	35,20		3,52	31,68	15,53	6,99
Многолетние травы:						
на сено	67,26	67,26			20,09	9,04
зеленый корм	302,67	302,67			4,28	1,93
сенаж	160,42	160,42			16,43	7,39
Однолетние травы на зеленый корм	205,45	205,45			1,70	0,77
Кукуруза:						
на силос	349,17	349,17			24,00	10,80
зеленый корм	383,70	383,70			20,00	9,00
Сенокосы:						
на сено	71,60	71,60			11,40	5,13
сенаж	179,00	179,00			9,12	4,1
Пастбища:						
на зеленый корм	234,00	234,00			1,83	0,82
сенаж	124,02	124,02			2,29	1,03

Сведем полученные показатели развития животноводства в табл. ПЗ.7.

Таблица ПЗ.7

Прогнозные параметры развития отрасли животноводства

Вид животных	Продуктивность, ц	Расход ц к. ед. на 1 ц продукции	Расход на 1 гол.		Затраты труда на 1 гол., чел.-ч	Затраты труда на 1 гол. в напряженный период, чел.-ч
			ц к. ед.	ц п. п.		
Коровы	93,62	0,700	65,534	6,881	92,71	30,59
Молодняк КРС	3,21	7,743	24,855	2,535	29,7	9,80
Основное стадо свиней	–	–	17,640	1,940	–	–
Свиней на откорме	2,51	3,727	9,355	1,029	11,76	3,88

Стоит отметить, что в прогнозном периоде планируется сохранить поголовье основного стада свиней на уровне 997 гол. Следовательно, затраты труда составят:

- годовые –  $997 \cdot 11,76 = 11\,725$  чел.-ч;
- в напряженный период –  $11\,725 \cdot 0,33 = 3869$  чел.-ч.

Данные о содержании в 1 ц корма кормовых единиц (к. ед.) и переваримого протеина (п. п.) представлены в табл. ПЗ.8.

Таблица ПЗ.8

Содержание питательных веществ в 1 ц корма

Вид корма	Содержится в 1 ц корма	
	к. ед., ц	п. п., ц
Концентраты	1	0,105
Силос	0,2	0,014
Картофель	0,3	0,01
Зеленый и пастбищный корм	0,19	0,021
Сено	0,45	0,053
Сенаж	0,28	0,033
Солома	0,25	0,011
Молоко	0,3	0,033

Рассчитаем предельные нормы скармливания кормов для животных, используя КМ, приведенные в прилож. 4.

Далее определяем содержание кормовых единиц (к. е.) и переваримого протеина (п. п.) в минимальных нормах кормления для коров путем умножения их величины на содержание питательных веществ в 1 ц соответствующего корма и суммирования полученных результатов.

Для молодняка КРС определяем содержание в рационе переваримого протеина путем умножения веса отдельных кормов в рационе на содержание переваримого протеина в 1 ц корма и суммирования полученных результатов.

Например, в минимальных нормах скармливания отдельных кормов для коров содержится:

а) кормовых единиц:

$$23,405 \cdot 1,00 + 18,724 \cdot 0,2 + 0,00 \cdot 0,3 + 68,086 \cdot 0,19 + 18,724 \times \times 0,45 + 37,448 \cdot 0,28 + 1,068 \cdot 0,25 = 59,264 \text{ ц к. е.};$$

б) переваримого протеина:

$$23,405 \cdot 0,105 + 18,724 \cdot 0,014 + 0,00 \cdot 0,01 + 68,086 \cdot 0,021 + + 18,724 \cdot 0,053 + 37,448 \cdot 0,033 + 1,068 \cdot 0,11 = 59,264 \text{ ц п. п.}$$

Аналогичным образом рассчитывается содержание к. е. и п.п. в максимальных нормах кормления для коров, а также в минимальных и максимальных нормах кормления для остальных видов животных.

Таблица ПЗ.9

Предельные нормы скармливания кормов

Вид корма	На среднегодовую корову		На 1 гол. молодняка КРС		На 1 гол. свиней	На 1 гол. свиней на выращивании и откорме	
	не менее	не более	не менее	не более		не менее	не более
Концентраты	23,405	37,448	4,474	8,948	15,87	4,090	11,090
Силос	18,724	65,534	6,214	9,942			
Картофель	0,0	18,724	0,0	2,486		0,291	1,453
Зеленый корм	68,086	96,810	19,884	37,283	9,32	0,0	2,752
Сено	18,724	56,172	8,699	11,185			

Вид корма	На среднегодовую корову		На 1 гол. молодняка КРС		На 1 гол. свиней	На 1 гол. свиней на выращивании и откорме	
	не менее	не более	не менее	не более		не менее	не более
Сенаж	37,448	93,620	4,971	12,428			
Солома	1,068	1,709					
Молоко						0,050	0,100
к. ед.	59,264	126,480	14,802	27,290	17,64	4,192	12,080
п. п.	6,389	13,160	1,6	2,890	1,94	0,434	1,240

Технологические ограничения:

а) площадь посева зерновых.

Учитывая тот факт, что площадь посева зерновых, как правило, составляет от 40 до 60 % от площади пашни, а фактически она составляет 36,79 % площади пашни, т. е. незначительно ниже рекомендуемого минимального норматива зерновых культур, то принимаем, что в прогнозном периоде она будет составлять:

– не менее  $0,40 \cdot 8214 = 3\ 286$  га;

– и не более  $0,6 \cdot 8214 = 4\ 928$  га;

б) площадь посева товарных культур.

Площадь посева льна-долгунца, картофеля, сахарной свеклы и других товарных культур может возрастать ежегодно на 6–8 %.

Так как картофель планируется использовать на корм, то площадь посева этой культуры может увеличиться до 2 раз.

Таким образом, примем, что площадь товарных отраслей возрастет в среднем не более чем на 6 % в год. Следовательно, площадь посева составит:

– для сахарной свеклы – не более  $(0,06 \cdot 3 + 1) \cdot 490 = 578$  га;

– кукурузы на зерно – не более  $(0,06 \cdot 3 + 1) \cdot 1059 = 1\ 250$  га;

– рапса – не более  $(0,06 \cdot 3 + 1) \cdot 367 = 433$  га;

– картофеля – не более  $2 \cdot 14 = 28$  га;

в) площадь посева трудоемких культур.

Суммарная площадь посева трудоемких культур (лен, картофель, овощи, кормовые корнеплоды и сахарная свекла), учитывая, что время их уборки совпадает, составляет, как правило, не более 12 % от площади пашни.

Фактически площадь трудоемких культур составляет:  
 $490 + 14 + 210 = 714$  га.

То есть, 8,69 % площади пашни. Так как при увеличении площади посева трудоемких культур до 12 % площади пашни не произойдет значительного увеличения (более чем в 2 раза) площади посева, то суммарная площадь посева трудоемких культур будет ограничена – не более 986 га:  $0,12 \cdot 8\ 214$ ;

в) площадь посева озимых и яровых культур, а также зернобобовых.

Площадь посева озимых зерновых составляет, как правило, не менее 25 % и не более 40 % от всей площади посева зерновых. Площадь яровых зерновых – 40–60 % площади зерновых, а площадь посева зернобобовых – 7–10 %. Но при этом необходимо учитывать сложившийся уровень зерновых на предприятии и, в случае значительного отклонения от сложившейся структуры посевов, при расчете с учетом рекомендуемых нормативных коэффициентов стоит рассматривать следующим образом (табл. ПЗ.10):

Таблица ПЗ.10

Доля зерновых культур в структуре

Культура	Фактическая доля в структуре зерновых	Рекомендуемая доля		Планируемая доля	
		min	max	min	max
Озимые зерновые	57,15	25	40	$0,8 \cdot 57,15 = 45,72$	$1,1 \cdot 57,15 = 62,87$
Яровые зерновые	37,95	40	60	$0,8 \cdot 37,95 = 30,36$	$1,2 \cdot 37,95 = 45,54$
Зернобобовые	4,90	7	10	$0,8 \cdot 4,90 = 3,92$	$1,2 \cdot 4,90 = 5,88$

Таким образом, площадь отдельных зерновых в прогнозном периоде будет составлять:

- озимые зерновые от 45,72 до 62,87 % площади зерновых;
  - яровые зерновые от 30,36 до 45,54 % площади зерновых;
  - зернобобовые от 3,92 до 5,88 % площади зерновых;
- д) поголовье животных.

Поголовье животных всех видов может возрастать ежегодно на 2–3 %, следовательно, максимальное увеличение поголовья за три года – на 10 % по сравнению с фактическим. Уменьшение поголовья более чем на 5 % от фактического не допускается. Поголовье основного стада свиней планируем сохранить на уровне отчетного года. Поголовье свиней на откорме может быть увеличено за планируемый период на 10 %.

Таким образом, планируем поголовье животных в следующих границах:

– по поголовью коров:

не менее  $0,95 \cdot 1\,988 = 1\,889$  гол.;

не более  $(0,10 + 1) \cdot 1\,988 = 2\,187$  гол.

– по поголовью молодняка КРС:

не менее  $0,95 \cdot 4\,523 = 4\,297$  гол.;

не более  $(0,10 + 1) \cdot 4\,523 = 4\,975$  гол.

– по поголовью свиней на выращивании и откорме:

не менее  $0,95 \cdot 13\,624 = 12\,943$  гол.;

не более  $(0,10 + 1) \cdot 13\,624 = 14\,986$  гол.

Поголовье основного стада свиней планируется оставить на фактическом уровне, то есть 997 гол.

План реализации объема товарной продукции должен в среднем расти не менее чем на 3 % в год. Из всей произведенной товарной продукции 70–80 % составят договорные поставки (исключение, как правило, составляют: рапс, лен, сахарная свекла), а остальное – рыночный фонд. В зависимости от специализации хозяйства на рынке, также возможна реализация молока (в исключительных случаях).

Согласно форме №7-АПК (строка 0382) предприятие не реализовывало на рынке молоко, следовательно, в прогнозном периоде его поставка будет осуществляться в рамках договорных обязательств.

Например, договорные поставки продукции составят:

– зерно –  $89\,130 \cdot 1,09 \cdot 0,8 = 77\,722$  ц;

– рапс –  $1\,820 \cdot 1,09 = 1\,984$  ц;

– свиньи на мясо –  $(26\,430 + 80 + 10\,840) \cdot 1,09 \cdot 0,8 = 3635 \times 1,09 \cdot 0,8 = 32\,570$  ц.

Аналогичным образом рассчитывается объем договорных поставок для иных видов продукции. Результат расчета представлен в табл. ПЗ.11.



## Объем поставок товарной продукции

Вид продукции	Количество, ц	Прогнозный объем реализации, ц	Договорные поставки, ц
Зерно,	89 130	97 152	77 722
в том числе кукуруза на зерно	26 820	29 234	23 387
Рапс	10320	11 249	11 249
Картофель	4200	4578	3662
Сахарная свекла	254 030	276 893	276 893
Овощи открытого грунта	3670	4000	4000
Мясо КРС	14 590	15 903	12 722
Мясо свиней	37 320	40 679	32 543
Молоко	172 240	187 742	187 742

Цены реализации и объем производства продукции берем из исходной информации формы №7-АПК путем расчета, исходя из полной себестоимости проданной продукции, выручки и количества реализованной продукции.

Например, цена и себестоимость реализации государству 1 ц продукции будет рассчитана следующим образом:

– зерно:

цена –  $((2\ 323 - 836) \cdot 1000) : ((8\ 913 - 2\ 682) \cdot 10) = 23,86$  руб./ц;

себестоимость –  $((1\ 599 - 495) \cdot 1000) : ((8\ 913 - 2\ 682) \cdot 10) = 23,86$  руб./ц;

– кукуруза на зерно:

цена –  $(836 \cdot 1000) : (2\ 682 \cdot 10) = 31,17$  руб./ц;

себестоимость –  $(495 \cdot 1000) : (2\ 682 \cdot 10) = 18,46$  руб./ц;

– сахарная свекла:

цена –  $(1\ 696 \cdot 1000) : (25\ 403 \cdot 10) = 6,68$  руб./ц;

себестоимость –  $(1\ 342 \cdot 1000) : (25\ 403 \cdot 10) = 5,28$  руб./ц;

– прирост молодняка КРС:

цена –  $((1\ 918 + 3 + 678) \cdot 1000) : ((828 + 1 + 630) \cdot 10) = 178,14$  руб./ц;

себестоимость –  $((2\ 400 + 3 + 1\ 421) \cdot 1000) : ((828 + 1 + 630) \cdot 10) = 262,10$  руб./ц;

– молоко:

цена –  $(8\,476 \cdot 1000) : (17\,224 \cdot 10) = 49,21$  руб./ц;

себестоимость –  $(5\,652 \cdot 1000) : (17\,224 \cdot 10) = 32,81$  руб./ц;

– прирост свиней:

цена –  $(6215 + 32 + 2286) \cdot 1000 : ((2641 + 8 + 1083) \cdot 10) = 8\,533\,000 : 37\,320 = 228,64$  руб./ц;

себестоимость –  $(5918 + 18 + 2220) \cdot 1000 : ((2641 + 8 + 1083) \cdot 10) = 8\,156\,000 : 37\,320 = 218,54$  руб./ц.

Аналогичным образом рассчитываются цены и себестоимость 1 ц реализации продукции на остальные виды товарной продукции, реализуемой на предприятии.

В случае планирования реализации отдельных видов продукции на прогнозный период и отсутствия данных по цене реализации, в качестве сопоставимых цен используются среднестатистические цены производителей сельскохозяйственной продукции за отчетный период.

Стоимость продукции рыночного фонда, который включает зерно (в том числе – кукурузу на зерно), картофель, сахарную свеклу, говядину, свинину и, в исключительных случаях, молоко – на 20 % выше, чем при реализации государству.

Сведем полученные показатели по цене и себестоимости в табл. ПЗ.12.

Таблица ПЗ.12

Цена и себестоимость 1 ц реализации продукции, руб.

Вид продукции	Цена реализации государству	Себестоимость
Зерно	23,86	17,72
Кукуруза на зерно	31,17	18,46
Рапс	71,43	41,76
Картофель	13,33	12,86
Сахарная свекла	6,68	5,28
Овощи открытого грунта	59,95	52,86
Мясо КРС	178,14	262,10
Мясо свиней	228,64	218,54
Молоко	49,21	32,81

**Неизвестные:**

- x1 – площадь озимых зерновых, га
- x2 – площадь яровых зерновых, га
- x3 – площадь зернобобовых, га
- x4 – площадь кукурузы на зерно, га
- x5 – площадь сахарной свеклы, га
- x6 – площадь картофеля, га
- x7 – площадь овощей открытого грунта, га
- x8 – площадь рапса, га
- x9 – площадь многолетних трав на сено, га
- x10 – площадь многолетних трав на зеленый корм, га
- x11 – площадь многолетних трав на сенаж, га
- x12 – площадь однолетних трав на зеленый корм, га
- x13 – площадь кукурузы на силос, га
- x14 – площадь кукурузы на зеленый корм, га
- x15 – площадь сенокосов на сено, га
- x16 – площадь сенокосов на сенаж, га
- x17 – площадь пастбищ на зеленый корм, га
- x18 – площадь пастбища на сенаж, га
- x19 – поголовье коров, гол.
- x20 – поголовье молодняка КРС, гол.
- x21 – поголовье свиней на выращивании и откорме, гол.
- x22 – привлеченный труд, чел.-ч
- x23 – добавка по концентратам для коров, ц
- x24 – добавка по силосу для коров, ц
- x25 – добавка по картофелю для коров, ц
- x26 – добавка по зеленому корму для коров, ц
- x27 – добавка по сену для коров, ц
- x28 – добавка по сенажу для коров, ц
- x29 – добавка по соломе для коров, ц
- x30 – добавка по концентратам для молодняка КРС, ц
- x31 – добавка по силосу для молодняка КРС, ц
- x32 – добавка по картофелю для молодняка КРС, ц
- x33 – добавка по зеленому корму для молодняка КРС, ц
- x34 – добавка по сену для молодняка КРС, ц
- x35 – добавка по сенажу для молодняка КРС, ц
- x36 – добавка по концентратам для свиней на откорме, ц
- x37 – добавка по картофелю для свиней на откорме, ц

- x38 – добавка по зеленому корму для свиней на откорме, ц
- x39 – добавка по молоку для свиней на откорме, ц
- x40 – потребность в соломе, ц
- x41 – потребность в молоке, ц
- x42 – покупка картофеля, ц
- x43 – покупка комбикорма на концентраты, ц
- x44 – рыночный фонд зерна, ц
- x45 – рыночный фонд картофеля, ц
- x46 – рыночный фонд говядины, ц
- x47 – рыночный фонд свинины, ц
- x48 – стоимость товарной продукции, тыс. руб.
- x49 – материально-денежные затраты, тыс. руб.

**Ограничения:**

*1 группа ограничений:*

по использованию пашни:

$$x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 + x10 + x11 + x12 + x13 + x14 = 8\ 214;$$

по использованию сенокосов:

$$x15 + x16 = 337;$$

по использованию пастбищ:

$$x17 + x18 = 1\ 005.$$

*2 группа ограничений:*

по использованию годового труда:

$$40,48 \cdot x1 + 30,32 \cdot x2 + 20,03 \cdot x3 + 47,55 \cdot x4 + 44,59 \cdot x5 + 714,31 \cdot x6 + 63,34 \cdot x7 + 15,53 \cdot x8 + 20,09 \cdot x9 + 4,28 \cdot x10 + 16,43 \cdot x11 + 1,70 \cdot x12 + 24,00 \cdot x13 + 20,00 \cdot x14 + 11,40 \cdot x15 + 9,12 \cdot x16 + 1,83 \cdot x17 + 2,29 \cdot x18 + 92,71 \cdot x19 + 29,7 \cdot x20 + 11,76 \cdot x21 + 11\ 725 \leq 916\ 000 + x22;$$

по использованию труда в напряженный период:

$$18,22 \cdot x1 + 13,64 \cdot x2 + 9,01 \cdot x3 + 21,40 \cdot x4 + 28,98 \cdot x5 + 464,30 \cdot x6 + 41,17 \cdot x7 + 6,99 \cdot x8 + 9,04 \cdot x9 + 1,93 \cdot x10 + 7,39 \cdot x11 + 0,77 \cdot x12 + 10,80 \cdot x13 + 9,00 \cdot x14 + 5,13 \cdot x15 + 4,10 \cdot x16 + 0,83 \cdot x17 + 1,03 \cdot x18 + 30,59 \cdot x19 + 9,8 \cdot x20 + 3,88 \cdot x21 + 3\ 869 \leq 412\ 200 + x22;$$

по использованию привлеченного труда:

$$x22 \leq 45\ 800.$$

*3 группа ограничений:*

по балансу концентратов:

$$23,405 \cdot x_{19} + 4,474 \cdot x_{20} + 4,090 \cdot x_{21} + x_{23} + x_{30} + x_{36} + \\ + 15\,822 \leq 28,08 \cdot x_1 + 27,06 \cdot x_2 + 37,20 \cdot x_3 + 110,14 \cdot x_4 + x_{43};$$

по балансу силоса:

$$18,724 \cdot x_{19} + 6,214 \cdot x_{20} + x_{24} + x_{31} \leq 349,17 \cdot x_{13};$$

по балансу картофеля:

$$0,000 \cdot x_{19} + 0,000 \cdot x_{20} + 0,291 \cdot x_{21} + x_{25} + x_{32} + \\ + x_{37} \leq 184,18 \cdot x_6 + x_{42};$$

по балансу зеленого корма:

$$68,086 \cdot x_{19} + 19,884 \cdot x_{20} + 0,000 \cdot x_{21} + x_{26} + x_{33} + x_{38} + \\ + 9\,292 \leq 302,67 \cdot x_{10} + 205,45 \cdot x_{12} + 383,7 \cdot x_{14} + 234 \cdot x_{17};$$

по балансу сена:

$$18,724 \cdot x_{19} + 8,699 \cdot x_{20} + x_{27} + x_{34} \leq 67,26 \cdot x_9 + 71,6 \cdot x_{15};$$

по балансу сенажа:

$$37,448 \cdot x_{19} + 4,971 \cdot x_{20} + x_{28} + x_{35} \leq 160,42 \cdot x_{11} + 179 \cdot x_{16} + \\ + 124,02 \cdot x_{18};$$

по производству соломы:

$$x_{40} \leq 41,49 \cdot x_1 + 29,12 \cdot x_2;$$

по производству молока:

$$x_{41} \leq 93,62 \cdot x_{19};$$

по потребности в молоке на корм:

$$0,05 \cdot x_{21} + x_{39} = x_{41};$$

по потребности в соломе на корм:

$$1,068 \cdot x_{19} + x_{29} = x_{40}.$$

*4 группа ограничений:*

по покупке картофеля:  $x_{42} \leq 860$ ;

по покупке комбикорма на концентраты:  $x_{43} \leq 891$ .

*5 группа ограничений:*

добавка по концентратам для коров:

$$x_{23} \leq (37,448 - 23,405) \cdot x_{19};$$

добавка по силосу для коров:

$$x_{24} \leq (65,534 - 18,724) \cdot x_{19};$$

добавка по картофелю для коров:

$$x_{25} \leq (18,724 - 0,000) \cdot x_{19};$$

добавка по зеленому корму для коров:

$$x_{26} \leq (96,810 - 68,086) \cdot x_{19};$$

добавка по сену для коров:

$$x_{27} \leq (56,172 - 18,724) \cdot x_{19};$$

добавка по сенажу для коров:

$$x_{28} \leq (93,620 - 37,448) \cdot x_{19};$$

добавка по соломе для коров:

$$x_{29} \leq (1,709 - 1,068) \cdot x_{19};$$

добавка по концентратам для молодняка КРС:

$$x_{30} \leq (8,948 - 4,474) \cdot x_{20};$$

добавка по силосу для молодняка КРС:

$$x_{31} \leq (9,942 - 6,214) \cdot x_{20};$$

добавка по картофелю для молодняка КРС:

$$x_{32} \leq (2,486 - 0,000) \cdot x_{20};$$

добавка по зеленому корму для молодняка КРС:

$$x_{33} \leq (37,283 - 19,884) \cdot x_{20};$$

добавка по сену для молодняка КРС:

$$x_{34} \leq (11,185 - 8,699) \cdot x_{20}$$

добавка по сенажу для молодняка КРС:

$$x_{35} \leq (12,428 - 4,971) \cdot x_{20};$$

добавка по концентратам для свиней на откорме:

$$x_{36} \leq (11,090 - 4,090) \cdot x_{21};$$

добавка по картофелю для свиней на откорме:

$$x_{37} \leq (1,453 - 0,291) \cdot x_{21};$$

добавка по зеленому корму для свиней на откорме:

$$x_{38} \leq (2,752 - 0,000) \cdot x_{21};$$

добавка по молоку для свиней на откорме:

$$x_{39} \leq (0,100 - 0,050) \cdot x_{21};$$

*б группа ограничений:*

по балансу к. ед.:

$$65,534 \cdot x_{19} + 24,855 \cdot x_{20} + 9,355 \cdot x_{21} + 17,64 \cdot 997 \leq 1,00 \times \\ \times (28,08 \cdot x_1 + 27,06 \cdot x_2 + 37,20 \cdot x_3 + 110,14 \cdot x_4 + x_{43}) + 0,20 \times \\ \times (349,17 \cdot x_{13}) + 0,30 \cdot (184,18 \cdot x_6 + x_{42}) + 0,19 \cdot (302,67 \cdot x_{10} + \\ + 205,45 \cdot x_{12} + 383,70 \cdot x_{14} + 234,00 \cdot x_{17}) + 0,45 \cdot (67,26 \cdot x_9 + \\ + 71,60 \cdot x_{15}) + 0,28 \cdot (160,42 \cdot x_{11} + 179,00 \cdot x_{16} + 124,02 \cdot x_{18}) + \\ + 0,25 \cdot x_{40} + 0,30 \cdot x_{41};$$

по балансу п. п.:

$$6,881 \cdot x_{19} + 2,535 \cdot x_{20} + 1,029 \cdot x_{21} + 1,940 \cdot 997 \leq 0,105 \times \\ \times (28,08 \cdot x_1 + 27,06 \cdot x_2 + 37,20 \cdot x_3 + 108,14 \cdot x_4 + x_{43}) + 0,014 \times$$

$$\begin{aligned} & \times (349,17 \cdot x_{13}) + 0,010 \cdot (184,18 \cdot x_6 + x_{42}) + 0,021 \cdot (302,67 \cdot x_{10} + \\ & + 205,45 \cdot x_{12} + 383,70 \cdot x_{14} + 234,00 \cdot x_{17}) + 0,053 \cdot (67,26 \cdot x_9 + \\ & + 71,60 \cdot x_{15}) + 0,033 \cdot (160,42 \cdot x_{11} + 179,00 \cdot x_{16} + 124,02 \cdot x_{18}) + \\ & + 0,011 \cdot x_{40} + 0,033 \cdot x_{41}. \end{aligned}$$

*7 группа ограничений:*

к. ед. для коров:

$$(65,534 - 59,264) \cdot x_{19} \leq 1,00 \cdot x_{23} + 0,20 \cdot x_{24} + 0,30 \cdot x_{25} + 0,19 \cdot x_{26} + 0,45 \cdot x_{27} + 0,28 \cdot x_{28} + 0,25 \cdot x_{29};$$

к. ед. для молодняка КРС:

$$(24,855 - 14,802) \cdot x_{20} \leq 1,00 \cdot x_{30} + 0,20 \cdot x_{31} + 0,30 \cdot x_{32} + 0,19 \cdot x_{33} + 0,45 \cdot x_{34} + 0,28 \cdot x_{35};$$

к. ед. для свиней на откорме:

$$(9,355 - 4,192) \cdot x_{21} \leq 1,00 \cdot x_{36} + 0,30 \cdot x_{37} + 0,19 \cdot x_{38} + 0,30 \cdot x_{39};$$

п. п. для коров:

$$(6,881 - 6,389) \cdot x_{19} \leq 0,105 \cdot x_{23} + 0,014 \cdot x_{24} + 0,010 \cdot x_{25} + 0,021 \cdot x_{26} + 0,053 \cdot x_{27} + 0,033 \cdot x_{28} + 0,011 \cdot x_{29};$$

п. п. для молодняка КРС:

$$(2,535 - 1,6) \cdot x_{20} \leq 0,105 \cdot x_{30} + 0,014 \cdot x_{31} + 0,010 \cdot x_{32} + 0,021 \cdot x_{33} + 0,053 \cdot x_{34} + 0,033 \cdot x_{35};$$

п. п. для свиней на откорме:

$$(1,029 - 0,434) \cdot x_{21} \leq 0,105 \cdot x_{36} + 0,010 \cdot x_{37} + 0,021 \cdot x_{38} + 0,033 \cdot x_{39}.$$

*8 группа ограничений:*

по минимальной площади зерновых:  $x_1 + x_2 + x_3 \geq 3\ 286$ ;

по максимальной площади зерновых:  $x_1 + x_2 + x_3 \leq 4\ 928$ ;

по минимальной площади озимых зерновых:

$$x_1 \geq 0,46 \cdot (x_1 + x_2 + x_3);$$

по максимальной площади озимых зерновых:

$$x_1 \leq 0,63 \cdot (x_1 + x_2 + x_3);$$

по минимальной площади яровых зерновых:

$$x_2 \geq 0,30 \cdot (x_1 + x_2 + x_3);$$

по максимальной площади яровых зерновых:

$$x_2 \leq 0,46 \cdot (x_1 + x_2 + x_3);$$

по минимальной площади зернобобовых:

$$x_3 \geq 0,04 \cdot (x_1 + x_2 + x_3);$$

по максимальной площади зернобобовых:

$$x_3 \leq 0,06 \cdot (x_1 + x_2 + x_3);$$

по минимальному поголовью коров:  $x_{19} \geq 1\ 889$ ;  
 по максимальному поголовью коров:  $x_{19} \leq 2\ 187$ ;  
 по минимальному поголовью молодняка КРС:  $x_{20} \geq 4\ 297$ ;  
 по максимальному поголовью молодняка КРС:  $x_{20} \leq 4\ 975$ ;  
 по минимальному поголовью свиней на выращивании:  
 $x_{21} \geq 12\ 943$ ;  
 по максимальному поголовью свиней на выращивании:  
 $x_{21} \leq 14\ 986$ ;  
 по максимальной площади картофеля:  $x_6 \leq 28$ ;  
 по максимальной площади трудоемких культур:  $x_5 + x_6 + x_7 \leq 986$ ;  
 по максимальной площади сахарной свеклы:  $x_5 \leq 578$ ;  
 по максимальной площади кукурузы на зерно  $x_4 \leq 1\ 250$ ;  
 по максимальной площади овощей открытого грунта:  $x_7 \leq 248$ ;  
 по максимальной площади рапса:  $x_8 \leq 433$ .

*9 группа ограничений:*

реализация зерна:  $39,12 \cdot x_1 + 20,04 \cdot x_2 + 36,71 \cdot x_4 = 77\ 722 + x_{44}$ ;  
 реализация картофеля:  $236,28 \cdot x_6 = 3\ 662 + x_{45}$ ;  
 реализация говядины:  $3,21 \cdot x_{20} = 12\ 722 + x_{46}$ ;  
 реализация свинины:  $2,51 \cdot x_{21} = 32\ 543 + x_{47}$ ;  
 реализация молока:  $93,62 \cdot x_{19} - x_{41} \geq 187\ 742$ ;  
 реализация сахарной свеклы:  $650,54 \cdot x_5 \geq 276\ 893$ ;  
 реализация рапса:  $31,68 \cdot x_8 \geq 11\ 249$ ;  
 реализация овощей:  $59,40 \cdot x_7 \geq 4\ 000$ .

*10 группа ограничений:*

по стоимости товарной продукции:

$$39,12 \cdot 23,86 \cdot x_1 + 20,04 \cdot 23,86 \cdot x_2 + 36,71 \cdot 31,17 \cdot x_4 + 650,54 \times \\ \times 6,68 \cdot x_5 + 236,28 \cdot 13,33 \cdot x_6 + 59,40 \cdot 59,95 \cdot x_7 + 31,68 \cdot 71,43 \times \\ \times x_8 + 93,62 \cdot 49,21 \cdot x_{19} + 3,21 \cdot 178,14 \cdot x_{20} + 2,51 \cdot 228,64 \cdot x_{21} + \\ + 0,2 \cdot 23,86 \cdot x_{44} + 0,2 \cdot 13,33 \cdot x_{45} + 0,2 \cdot 178,14 \cdot x_{46} + 0,2 \cdot 228,64 \times \\ \times x_{47} = x_{48};$$

По материально-денежным затратам:

$$39,12 \cdot 17,72 \cdot x_1 + 20,04 \cdot 17,72 \cdot x_2 + 36,71 \cdot 18,46 \cdot x_4 + 650,54 \times \\ \times 5,28 \cdot x_5 + 236,28 \cdot 12,86 \cdot x_6 + 59,40 \cdot 52,86 \cdot x_7 + 31,68 \cdot 41,76 \times \\ \times x_8 + 93,62 \cdot 32,81 \cdot x_{19} + 3,21 \cdot 262,10 \cdot x_{20} + 2,51 \cdot 218,54 \cdot x_{21} + \\ + 3,9 \cdot x_{22} + 32,81 \cdot x_{41} + 13,33 \cdot 0,7 \cdot x_{42} + 23,86 \cdot 1,1 \cdot x_{43} = x_{49}.$$



**Целевая функция:**

$$F_{\max} = x_{48} - x_{49}.$$

**Вывод**

Результаты решения экономико-математической задачи и их сравнение с фактическими показателями представлены в табл. ПЗ.13– ПЗ.18.

Таблица ПЗ.13

Использование производственных ресурсов

Показатели	Производственные ресурсы, чел.-ч		Уровень использования, %
	Имеется	Используется	
Пашня, га	8 214	8 214	100,00
Сенокосы, га	337	337	100,00
Пастбища, га	1 005	1 005	100,00
Труд, чел.-ч:			
годовой	916 000	825 377	90,11
в напряженный период	412 200	321 240	77,93
привлеченный	45 800	0	0,00

Прогнозные затраты труда составят:

– годовые –  $813\,652 + 11\,725 = 825\,377$  чел.-ч;

– в напряженный период:  $317\,371 + 3\,869 = 321\,240$  чел.-ч.

Таблица ПЗ.14

Размер и структура посевных площадей

Культура	Фактическое значение		Расчетное значение		Расчетные значения к фактическим, %
	площадь, га	%	площадь, га	%	
1	2	3	4	5	6
Зерновые и бобовые:	3 022	38,05	3 688	44,90	122,04
озимые зерновые	1 727	21,74	2 318	28,22	134,22
яровые зерновые	1 147	14,44	1 225	14,91	106,80

Окончание табл. ПЗ.14

1	2	3	4	5	6
зернобобовые	148	1,86	145	1,77	97,97
Кукуруза на зерно	1 059	13,33	1 250	15,22	118,04
Сахарная свекла	490	6,17	578	7,04	117,96
Картофель	14	0,18	28	0,34	200,00
Овощи открытого грунта	210	2,64	67	0,82	31,90
Рапс	367	4,62	433	5,27	117,98
Многолетние травы на зеленый корм	1 644	20,70	811	9,87	49,33
Однолетние травы на зеленый корм	282	3,55	0	0,00	0,00
Кукуруза на силос (зеленый корм)	855	10,76	1 359	16,54	158,95
Всего пашни:	7 943	100,00	8 214	100,00	103,41
на сено	199	59,05	332	98,52	166,83
на сенаж	138	40,95	5	1,48	3,62
Сенокосы:	337	100,00	337	100,00	100,00
на сенаж	975	97,01	0	0,00 %	0,00
на зеленый корм	30	2,99	1 005	100,00	3 350,00
Пастбища	1 005	100,00	1 005	100,00	100,00

Таблица ПЗ.15

Поголовье животных

Показатели	Фактическое поголовье	Расчетное поголовье	Расчетные значения к фактическим, %
Молочное направление:			
коровы	1 988	2 187	110,00
животные на выращивании и откорме	4 523	4 297	95,00
Свиноводство:			
основное стадо свиней	997	997	100,00
свиньи на выращивании и откорме	13 624	14 744	108,00

Таблица ПЗ.16

## Расход и структура кормов для коров

Вид корма	Расчетное значение					
	ц	ц к. ед.	ц	ц к. ед.	ц	ц к. ед.
	Коровы		КРС		Свиньи	
Концентраты	23,41	23,41	8,96	8,96	9,21	9,21
Силос	21,98	4,40	9,94	1,99	–	–
Картофель	–	–	0,20	0,06	0,29	0,09
Зеленый корм	96,81	18,39	37,28	7,08	2,75	0,52
Сено	18,72	8,42	8,70	3,92	–	–
Сенаж	37,45	10,49	10,17	2,85	–	–
Солома	1,71	0,43	–	–	–	–
Молоко	–	–	–	–	0,05	0,02
Итого	–	65,54	–	24,86	–	9,84

Таблица ПЗ.17

## Объем реализации товарной продукции

Вид продукции	Фактический объем реализации, ц	Расчетное значение, ц			Расчетные значения к фактическим, %
		всего	в том числе		
			договорные поставки	рыночный фонд	
Зерно	89 130	161 101	77 721	83 380	180,75
Картофель	4200	6616	3662	2954	157,52
Мясо (говядина)	14 590	13 793	12 722	1 071	94,54
Мясо (свинина)	37 320	37 008	32 543	4465	99,16
Молоко	172 240	203 991	203 991		118,43
Сахарная свекла	254 030	376 012	376 012		148,02
Рапс	10 320	13 719	13 719		132,94
Овощи открытого грунта	3670	4000	4000		108,99

## Основные показатели уровня производства

Показатель	Фактическое значение, ц	Расчетное значение, ц	Расчетные значения к фактическим, %
Производство на 100 га сельскохозяйственных угодий			
Молоко	1869	2 107	112,73
Мясо КРС	124	142	114,52
Производство на 100 га пашни			
Зерно	2426	2799,2	1 15,38
Картофель	71	157	221,13
Сахарная свекла	3528	4 578	129,76
Рапс	143	186	130,07
Овощи открытого грунта	139	48	34,53

Прибыль будет получена в размере 5 452 229 руб., что соответствует 5452,2 тыс. руб. Таким образом, прибыль по сравнению с отчетным периодом возрастет.

**Предельные нормы скормливания кормов, ц, в натуре**

Наименование кормов, значение ключевой переменной (x)	На среднегодовую корову		На 1 гол. КРС на откорме (старше 21 дня)		На откорме свиней (на среднюю голову)	
	не менее	не более	не менее	не более	не менее	не более
Концентраты	$0,25 \cdot x$	$0,40 \cdot x$	$0,18 \cdot x$	$0,36 \cdot x$	$3,0 + 0,75 : x$	$10,0 + 0,75 : x$
Силос	$0,2 \cdot x$	$0,7 \cdot x$	$0,25 \cdot x$	$0,40 \cdot x$	–	–
Корнеплоды: при $x \leq 30$ $x > 30$	0 $0,4 \cdot x$	$0,7 \cdot x$ $0,8 \cdot x$	0 –	$0,20 \cdot x$ –	–	–
Картофель	0	$0,2x$	0	$0,10 \cdot x$	$0,2 : x$	$0,3 : x$ (при $\leq 0,4$ ) $1 : x$ (при $x > 0,4$ )
Зеленый и пастбищный корм	$40 + 0,3 \cdot x$	$50 + 0,5 \cdot x$	$0,8 \cdot x$	$1,5 \cdot x$	0,2	$4 \cdot x$
Сено	$0,2 \cdot x$	$0,6 \cdot x$	$0,35 \cdot x$	$0,45 \cdot x$	–	–
Сенаж	$0,4 \cdot x$	$1,0 \cdot x$	$0,2 \cdot x$	$0,5 \cdot x$	–	–
Солома	$100 : x$	$160 : x$	–	–	–	–
Молоко	–	–	–	–	0,05	0,10
Обрат	–	–	–	–	0,5	1,2
ЗЦМ	–	–	–	–	–	–
Содержание переменной x	Перспективная продуктивность среднегодовой коровы, ц молока за год		Расход к. ед. на 1 гол., ц		Среднесуточный привес, кг	

**Фрагменты матрицы решения экономико-математической задачи предприятия**

Показатели	Площадь озимых зерновых	Площадь яровых зерновых	Площадь зернобобовых	Площадь кукурузы на зерно	Площадь сахарной свеклы	Площадь картофеля	Площадь овощей открытого грунта	Площадь рапса
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8
Прогнозные значения	2318	1225	145	1250	578	28	67	433
1. по использованию пашни	1	1	1	1	1	1	1	1
2. по использованию сенокосов								
3. по использованию пастбищ								
4. по использованию годового труда	40,48	30,32	20,03	47,55	44,59	714,31	63,34	15,53
5. по использованию труд в напряженный период	18,22	13,64	9,01	21,40	28,98	464,30	41,17	6,99
6. по использованию привлеченного труда								
7. по балансу концентратов	-28,08	-27,06	-37,20	-110,14				
8. по балансу силоса								
9. по балансу картофеля						-184,18		
10. по балансу зеленого корма								
11. по балансу сена								

Показатели	Покупка комбикорма на концентраты	Рыночный фонд зерна	Рыночный фонд картофеля	Рыночный фонд говядины	Рыночный фонд свинины	Стоимость товарной продукции	Материально-денежные затраты	Расчетное значение	Знак	Свободный член
	х43	х44	х45	х46	х47	х48	х49			
	0,00	83 380,31	2953,84	1070,89	4465,38	29 640 006,88	24 187 765,87			
1.								8 214	=	8 214
2.								337	=	337
3.								1 005	=	1 005
4.								813 652	≤	904 275
5.								317 371	≤	408 331
6.								0	≤	45 800
7.	-1,00							-15 822	≤	-15 822
8.								0	≤	0
9.								0	≤	0
10.								-9 292	≤	-9 292
11.								0	≤	0

**Фрагменты отчета о результатах решения экономико-математической задачи**

Microsoft Excel 14.0 Отчет о результатах

Лист: [печатать 210110.xlsx]МАТРИЦА

**РАСЧЕТОВ**

Отчет создан: 13.03.2018 10:01:52

Результат: Решение найдено. Все ограничения и условия оптимальности выполнены.

**Модуль поиска решения**

Модуль: Поиск решения линейных задач симплекс-методом

Время решения: 0,172 секунды.

Число итераций: 88. Число подзадач: 0

**Параметры поиска решения**

Максимальное время Без пределов, Число итераций Без пределов, Precision 0,000001

Максимальное число подзадач Без пределов, Максимальное число целочисленных решений Без пределов, Целочисленное отклонение 1 %, Считать неотрицательными

Ячейка целевой функции (Максимум)

Ячейка	Имя	Исходное значение	Окончательное значение
\$BDS\$79	Целевая функция	0	5452229

Ячейки переменных

Ячейка	Имя	Исходное значение	Окончательное значение	Целочисленное
\$G\$5	Прогнозные значения x1	0	2318	Продолжить



Продолжение приложения 6

\$H\$5	Прогнозные значения x2	0	1225	Продолжить
\$I\$5	Прогнозные значения x3	0	145	Продолжить
\$J\$5	Прогнозные значения x4	0	1250	Продолжить
\$K\$5	Прогнозные значения x5	0	578	Продолжить
\$L\$5	Прогнозные значения x6	0	28	Продолжить
\$M\$5	Прогнозные значения x7	0	67	Продолжить
\$N\$5	Прогнозные значения x8	0	433	Продолжить
\$O\$5	Прогнозные значения x9	0	811	Продолжить
\$P\$5	Прогнозные значения x10	0	0	Продолжить
\$Q\$5	Прогнозные значения x11	0	0	Продолжить
\$R\$5	Прогнозные значения x12	0	0	Продолжить
\$S\$5	Прогнозные значения x13	0	260	Продолжить
\$T\$5	Прогнозные значения x14	0	1099	Продолжить
\$U\$5	Прогнозные значения x15	0	332	Продолжить
\$V\$5	Прогнозные значения x16	0	5	Продолжить
\$W\$5	Прогнозные значения x17	0	0	Продолжить
\$X\$5	Прогнозные значения x18	0	1005	Продолжить
\$Y\$5	Прогнозные значения x19	0	2187	Продолжить
\$Z\$5	Прогнозные значения x20	0	4297	Продолжить
\$AA\$5	Прогнозные значения x21	0	14744	Продолжить
\$AB\$5	Прогнозные значения x22	0,00	0,00	Продолжить
\$AC\$5	Прогнозные значения x23	0,00	0,00	Продолжить
\$AD\$5	Прогнозные значения x24	0,00	7126,49	Продолжить
\$AE\$5	Прогнозные значения x25	0,00	0,00	Продолжить

\$AF\$5	Прогнозные значения x26	0,00	62813,64	Продолжить
\$AG\$5	Прогнозные значения x27	0,00	0,00	Продолжить
\$AH\$5	Прогнозные значения x28	0,00	0,00	Продолжить
\$AI\$5	Прогнозные значения x29	0,00	1401,74	Продолжить
\$AJ\$5	Прогнозные значения x30	0,00	14976,24	Продолжить
\$AK\$5	Прогнозные значения x31	0,00	16018,66	Продолжить
\$AL\$5	Прогнозные значения x32	0,00	870,89	Продолжить
\$AM\$5	Прогнозные значения x33	0,00	53399,10	Продолжить
\$AN\$5	Прогнозные значения x34	0,00	0,00	Продолжить
\$AO\$5	Прогнозные значения x35	0,00	22348,66	Продолжить
\$AP\$5	Прогнозные значения x36	0,00	75433,45	Продолжить
\$AQ\$5	Прогнозные значения x37	0,00	0,00	Продолжить
\$AR\$5	Прогнозные значения x38	0,00	40576,51	Продолжить
\$AS\$5	Прогнозные значения x39	0,00	0,00	Продолжить
\$AT\$5	Прогнозные значения x40	0,00	3737,24	Продолжить
\$AU\$5	Прогнозные значения x41	0,00	737,22	Продолжить
\$AV\$5	Прогнозные значения x42	0,00	0,00	Продолжить
\$AW\$5	Прогнозные значения x43	0,00	0,00	Продолжить
\$AX\$5	Прогнозные значения x44	0,00	83380,31	Продолжить
\$AY\$5	Прогнозные значения x45	0,00	2953,84	Продолжить
\$AZ\$5	Прогнозные значения x46	0,00	1070,89	Продолжить
\$BA\$5	Прогнозные значения x47	0,00	4465,38	Продолжить
\$BB\$5	Прогнозные значения x48	0,00	29640006,88	Продолжить
\$BC\$5	Прогнозные значения x49	0,00	24187765,87	Продолжить

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

Репозиторий БГАТУ

Учебное издание

**Корсун** Наталья Федоровна,  
**Марков** Александр Сергеевич,  
**Кондровская** Мария Михайловна

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ  
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ.  
ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *О. Л. Сапун*  
Редактор *Т. В. Каркоцкая*  
Компьютерная верстка *Д. О. Бабаковой, Т. В. Каркоцкой*  
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 03.04.2019. Формат 60×84<sup>1/16</sup>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 14,65. Уч.-изд. л. 11,45. Тираж 98 экз. Заказ 52.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/359 от 09.06.2014.  
№ 2/151 от 11.06.2014.  
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.