

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комин Андрей Эдуардович

Должность: ректор

Дата подписания: 22.02.2015 12:23:05

Уникальный программный ключ:

f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b448452ab8cac6fb1af6547b6d40cdf1bdc60ae2

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

И.Э. Островская

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АПК

Учебное пособие

*Допущено УМО по образованию в области производственного менеджмента
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению
подготовки 38.03.02 Менеджмент (профиль «Производственный
менеджмент»)*

Уссурийск 2015

УДК 519.8
ББК 65.050.03
О-776

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

кафедра экономики филиала Дальневосточного федерального университета в г. Уссурийске (зав. кафедрой канд. экон. наук, доцент Н.А. Третьяк);
В.В. Соколенко, д-р экон. наук, профессор кафедры экономической теории Школы экономики и менеджмента ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток;
С.Г. Рыжук, канд. экон. наук, доцент, профессор кафедры «Организации производства и предпринимательства в АПК» ФГБОУ ВПО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», г. Уссурийск.

Островская И.Э.

О-776 Экономико-математическое моделирование в АПК: учебное пособие / И.Э. Островская; ФГБОУ ВПО ПГСХА. – Уссурийск, 2015. – 126 с.: ил.

В пособии рассмотрены вопросы построения экономико-математических моделей сельскохозяйственного производства методами линейного программирования и способ их решения средствами табличного редактора Microsoft Excel.

Учебное пособие предназначено для самостоятельной работы студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 38.03.02 «Менеджмент».

УДК 519.8

ББК 65.050.03

© И.Э. Островская, 2015

© ФГБОУ ВПО ПГСХА, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	7
1.1 Основные понятия и приемы моделирования	7
1.2 Задания самостоятельной работы № 1 по теме: «Основные приемы моделирования»	18
1.3 Вопросы для самопроверки	23
2. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ.....	25
2.1 Анализ оптимального решения на основе коэффициентов последней симплексной таблицы	25
2.2 Задания самостоятельной работы № 2 по теме: «Вариантные решения»	32
2.3 Вопросы для самопроверки	34
3. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ	35
3.1 Общая постановка задачи	35
3.2 Построение экономико-математической модели	36
3.3 Пример решения задачи оптимизации структуры посевных площадей... ..	37
3.4 Задания самостоятельной работы № 3 по теме: «Оптимизация структуры посевных площадей»	40
3.5 Вопросы для самопроверки	42
4. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ КОРМОВОГО РАЦИОНА	43
4.1 Общая постановка задачи	43
4.2 Построение экономико-математической модели	44
4.3 Пример решения задачи оптимизации кормового рациона	45
4.4 Задания самостоятельной работы № 4 по теме: «Оптимизация кормового рациона»	48
4.5 Вопросы для самопроверки	57
5. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ КОРМОПРОИЗВОДСТВА	59
5.1 Общая постановка задачи	59
5.2 Построение экономико-математической модели	61
5.3 Пример решения задачи оптимизации кормопроизводства.....	64
5.4 Задания самостоятельной работы № 5 по теме: «Оптимизация кормопроизводства».....	69
5.5 Вопросы для самопроверки	72
6. МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ И СОЧЕТАНИЕ ОТРАСЛЕЙ.....	73
6.1 Общая постановка задачи	73
6.2 Построение экономико-математической модели	76
6.3 Пример решения задачи оптимальной специализации и сочетания отраслей	78
6.4 Задания самостоятельной работы № 6 по теме: «Определение оптимальной производственной структуры»	85

6.5 Вопросы для самопроверки	88
7. ПЛАНИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	89
7.1 Общая постановка задачи	89
7.2 Построение экономико-математической модели	90
7.3 Пример решения задачи оптимального состава МТП	93
7.4 Задания самостоятельной работы № 7 по теме: «Оптимальное использование машинно-тракторного парка»	95
7.5 Вопросы для самопроверки	97
8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЯ «ПОИСК РЕШЕНИЯ» ПРОГРАММЫ MICROSOFT EXCEL ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ	98
ИТОГОВЫЙ ТЕСТ	111
ГЛОССАРИЙ	116
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	122
ПРИЛОЖЕНИЕ А	123
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	124
ПРИЛОЖЕНИЕ В	125

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие для самостоятельной работы составлено в соответствии с программой курса «Экономико-математическое моделирование в АПК» для подготовки бакалавров направления «Менеджмент».

Целью дисциплины «Экономико-математические методы в АПК» является овладение теоретическими и прикладными знаниями и умениями в области оптимизации производственных процессов в АПК, а также приобретения навыков их использования.

Задачи дисциплины:

- научить основным приемам составления экономико-математических моделей в области сельскохозяйственного производства;
- познакомить с основными методами решения экономико-математических моделей с помощью прикладного программного обеспечения;
- научить основным направлениям анализа оптимального плана решения экономико-математических моделей;
- научить использованию результатов решения экономико-математических моделей для принятия научно обоснованных управленческих решений.

Изучение данной дисциплины готовит студента к формированию профессиональной компетенции: на базе построения экономико-математических моделей и решения их на ПК, получать оптимальные планы управленческих решений, внедрять их на предприятиях для более эффективного его функционирования.

Цель данного пособия – научить студента математически формулировать конкретные задачи организации сельскохозяйственного производства в различных постановках, готовить задачи к решению на ЭВМ и решать их с помощью имеющегося математического обеспечения.

Пособие состоит из 7 тематических заданий. Материал расположен в учебном пособии по принципу нарастающей сложности рассматриваемых

моделей и задач. Заданиям по составлению конкретных моделей предшествует тема, посвященная освоению приемов экономико-математического моделирования. Знание этих вопросов необходимо для построения конкретных моделей и решения оптимизационных задач.

В данном учебном пособии рассмотрены основные типы задач линейного программирования, решаемые в сельском хозяйстве, даны рекомендации по построению их математических моделей и поиску оптимальных решений средствами табличного редактора Microsoft Excel.

В целях более эффективного усвоения учебного материала каждая тема содержит краткое теоретическое введение, методические указания с описанием решения конкретных задач, варианты задач для самостоятельного решения и контрольных вопросов.

Каждая самостоятельная работа включает в себя 13-20 вариантов учебных задач определенного типа.

Данное пособие могут использовать студенты при подготовке выпускных квалификационных работ.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1.1 Основные понятия и приемы моделирования

Все экономические явления и производственные процессы имеют качественные и количественные стороны, подчиняющиеся определенным закономерностям. Однако экономическая наука не всегда дает теоретически обоснованные ответы на все вопросы организации производства. Свои выводы она строит на основе традиционных методов анализа средних (статистических) данных и обобщения опыта. Широко применяемый проектно-конструктивный метод имеет существенный недостаток - можно получить лишь улучшенный вариант, но не оптимальный.

Проблема оптимального планирования - это проблема выбора наилучшего варианта плана из всех возможных.

Решение проблемы оптимального планирования стало возможным только с возникновением и развитием математического программирования - дисциплины, разрабатывающей теорию и практические методы решения экстремальных задач.

В экстремальных задачах ставят цель - достигнуть наибольшего (максимума) или наименьшего (минимума) значения функции по сравнению с ее значениями во всех достаточно близких точках при определенных условиях, представляющих собой ограничения задачи.

На основе математического программирования возникли новые методы планово-экономических расчетов - методы оптимального экономико-математического программирования. При помощи этих методов решаются экономико-математические задачи, связанные с разработкой планов эффективного использования и целесообразного распределения производственных ресурсов.

Решение, удовлетворяющее всем условиям задачи и обеспечивающее экстремальное значение критерия оптимальности, называется *оптимальным планом*.

Основные этапы работ при принятии оптимальных решений следующие:

1. *Выбор задачи* - это важнейший вопрос. Решение задачи, особенно достаточно сложной, - очень трудное дело, требующее много времени. И если задача выбрана неудачно, то это может привести не только к справедливому сожалению о потерянном времени, но, что более печально, к разочарованию в применении методов оптимизации. Каким же основным требованиям должна удовлетворять задача?

Таких требований два:

– должно существовать, как минимум, два варианта ее решения; ведь если вариантов решения нет, значит, и выбирать не из чего;

– надо четко знать, в каком смысле искомое решение должно быть наилучшим. Если же мы четко не знаем, чего хотим, то математические методы, реализованные даже на самом лучшем компьютере, помочь не смогут.

Выбор задачи завершается ее содержательной постановкой.

2. *Содержательная постановка* задачи является переходным мостиком от желания решить задачу к ее формулировке в такой форме, на основании которой было бы ясно, каковы элементы математической модели:

– исходные данные: величины детерминированные или случайные;

– искомые переменные: непрерывные или дискретные;

– пределы, в которых могут находиться значения искомым величин в оптимальном решении;

– зависимости между переменными: линейные или нелинейные;

– критерии, по которым следует находить оптимальное решение.

Хорошо сформулированная содержательная постановка - основа успешного составления математической модели.

3. *Составление математической модели* - очень ответственный этап работ.

4. *Сбор исходных данных* является необходимым этапом работы при поиске оптимального решения. Прежде чем ввести исходные данные в компьютер, их, естественно, необходимо собрать, причем не все имеющиеся,

как это иногда пытаются делать, а лишь те, которые входят в математическую модель. Следовательно, сбор исходных данных не только целесообразно, но и необходимо производить лишь после того, как будет сформулирована математическая модель.

5. *Решение задачи* - это, естественно, центральный вопрос.

6. *Анализ решения* - важнейший инструмент принятия оптимальных решений.

7. *Принятие оптимального решения* - конечный этап работы. Надо четко себе представлять, что решение принимает не компьютер, не Excel, а тот человек, который должен отвечать за результаты принятого решения.

8. *Графическое представление результата* решения и анализа - мощный фактор наглядности информации, необходимой для принятия решения.

Следует подчеркнуть, что оптимальное решение - это не те величины, которые получены при поиске, выполненном Excel, а результат всесторонней оценки как решений, полученных с помощью поиска, так и тех значений, которые были определены в ходе произведенного анализа.

Таковы основные этапы принятия оптимального решения.

Из всех методов линейного программирования наиболее часто используются метод последовательного улучшения плана (симплекс-метод) и распределительный метод.

В области сельскохозяйственного производства методами линейного программирования (ЛП) решаются следующие проблемы:

1. Определения наиболее целесообразного распределения производственных ресурсов (земли, труда, техники и др.) в целях максимального увеличения производства с.-х. продукции.

2. Достижение заданных объемов производства с минимальными затратами производственных ресурсов.

3. Эффективного управления производством в целях наилучшей организации производственных процессов при минимальных затратах труда, денежно-материальных средств и времени.

Первоначально моделью называли некое вспомогательное средство, объект, который в определенных ситуациях заменял другой объект. Например, манекен в определенном смысле заменяет человека, являясь моделью человеческой фигуры. Древние философы считали, что отобразить природу можно только с помощью логики и правильных рассуждений, т.е. по современной терминологии с помощью языковых моделей. Через несколько столетий девизом английского Научного общества стал лозунг: «Ничего словами!», признавались только выводы, подкрепленные экспериментально или математическими выкладками.

В настоящее время для постижения истины существует 3 пути:

- теоретическое исследование;
- эксперимент;
- моделирование.

Модель это мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает новую информацию об этом объекте.

Основным методом исследования систем является *метод моделирования*, т. е. способ теоретического анализа и практического действия, направленный на разработку и использование моделей.

Чтобы некоторая материальная конструкция могла быть моделью, т.е. замещала в каком-то отношении оригинал, между оригиналом и моделью должно быть установлено отношение подобия. Существуют разные способы установления такого подобия:

1. *Прямое подобие или внешняя (физическая) аналогия* (модель самолета, корабля, микрорайона, выкройка).

2. *Косвенное подобие или абстрактная аналогия* (не сохраняющая внешнего сходства).

3. *Условное подобие, которое устанавливается в результате соглашения*. Примерами условного подобия служат деньги (модель стоимости), удостоверение личности (модель владельца), всевозможные сигналы (модели сообщения).

Мы будем говорить только об *экономико-математическом моделировании*, т. е. об описании знаковыми математическими средствами экономических систем.

Таким образом *целью математического моделирования* экономических систем является использование методов математики для наиболее эффективного решения задач, возникающих в сфере экономики, с использованием вычислительной техники.

Практическими задачами экономико-математического моделирования являются:

- анализ экономических объектов и процессов;
- экономическое прогнозирование, предвидение развития экономических процессов;
- выработка управленческих решений на всех уровнях хозяйственной иерархии.

Все условия экономических процессов могут быть выражены тремя типами линейных соотношений.

Первый тип - сумма произведений переменных на коэффициенты равна или менее константы

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + a_{i3}x_3 + \dots + a_{in}x_n < b_i \quad (\text{ограничение сверху})$$

Второй тип - сумма произведений переменных на коэффициенты равна или более константы

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + a_{i3}x_3 + \dots + a_{in}x_n > b_i \quad (\text{ограничение снизу})$$

Третий тип - сумма произведений величин на коэффициенты равна константе

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + a_{i3}x_3 + \dots + a_{in}x_n = b_i \quad (\text{жесткое равенство})$$

По своему назначению и характеру переменные можно условно разделить на основные, дополнительные и вспомогательные.

К *основным переменным* относятся те, которые непосредственно являются объектом поиска и оказывают влияние на результат решения задачи.

Это искомые площади сельскохозяйственных культур и поголовье животных, виды кормов и марки машин.

Дополнительные переменные образуются в процессе преобразования неравенств в уравнения (или в процессе превращения задач из стандартной в каноническую форму). Каждая дополнительная переменная имеет определенный экономический смысл, зависящий от характера ограничения. Например, если ограничение отражает использование производственного ресурса, то дополнительная переменная означает недоиспользованную часть ресурса.

Вспомогательные переменные позволяют получить дополнительную информацию непосредственно в процессе решения задачи, например степень нехватки какого-либо ресурса или суммарное значение валовой и товарной продукции, прибыли, валового и чистого дохода, материально-денежных затрат или любого другого показателя.

Дополнительные и вспомогательные переменные всегда имеют коэффициенты, равные +1 или -1.

По смыслу все ограничения условно можно разделить на основные, дополнительные и вспомогательные.

Основные ограничения накладываются на все или большинство переменных задач. Как правило, с их помощью отражаются основные условия задачи - по земле, труду, кормам, технике, питательным веществам и т. д.

Дополнительные ограничения накладываются на часть переменных величин или на одну переменную. Они вводятся, если необходимо ограничить сверху или снизу размеры отдельных переменных, например, с учетом плана сдачи продукции государству в заданном ассортименте или с учетом требований севооборота, или с учетом физиологических пределов насыщения рациона отдельными кормами или их группами. Таким образом, дополнительные ограничения отражают различные возникающие в процессе моделирования дополнительные условия.

Вспомогательные ограничения самостоятельного значения не имеют, и

вводятся в задачу для формализации отдельных условий. К ним относят ограничения, устанавливающие пропорциональную связь между отдельными переменными или их группами.

Технико-экономические коэффициенты, характеризуют норму затрат производственных ресурсов на единицу измерения переменной величины или же норму выхода продукции с 1 га сельскохозяйственных культур, 1 головы животных и т. д. Главное требование, предъявляемое к технико-экономическим коэффициентам, - достоверность и строгое соответствие тому периоду планирования, на который решается задача. Следовательно, технико-экономические коэффициенты могут быть рассчитаны по прошедшим периодам, если решается задача анализа, и на различные плановые периоды, если составляется задача на текущий, перспективный или прогнозируемый плановый периоды.

Нормы затрат производственных ресурсов целесообразнее определять по технологическим картам или же по справочникам, но с учетом конкретных условий (погодных, технических, технологических и т. д.).

Нормы выхода продукции рассчитывают на основе урожайности культур или продуктивности скота.

В некоторых случаях технико-экономические коэффициенты при переменных выражают пропорциональность между различными величинами, например удельный вес сельскохозяйственных культур в севообороте или доля какого-либо корма в общей группе кормов или в общей потребности кормовых единиц и т. д.

Оценки переменных в целевой функции зависят от принятого критерия оптимальности. Они могут быть выражены в натуральной и в стоимостной форме.

Натуральные оценки переменных применяются в тех случаях, когда отыскивается максимум производства одного или нескольких однородных видов продукции или одного вида продукции (картофеля, овощей, молока и т. д.), но при фиксированном значении других. Однако чаще формулировка

критерия оптимальности связана с денежными оценками, и поэтому приходится иметь дело с ценами на продукцию. Поскольку цены зависят от качества сельскохозяйственной продукции, сроков ее реализации, объемов продукции, сдаваемых сверх среднего уровня за предыдущую пятилетку, и от многих других факторов, то трудно установить цены на перспективу, точно соответствующие условиям моделируемой системы. Поэтому в задачах текущего планирования рекомендуется использовать фактически сложившиеся среднереализационные цены за несколько предыдущих лет, а в задачах перспективного планирования - существующие закупочные цены.

Правильная математическая формулировка условий имеет в моделировании большое значение. Усвоив наиболее употребительные приемы моделирования экономических процессов, нетрудно будет в дальнейшем формулировать любые экономические условия.

На отдельных фрагментах различных задач рассмотрим основные приемы математической формализации экономических процессов.

1. Запись ограничений с неизменяющимися параметрами.

Ограничение по использованию площади пашни при возделывании набора сельскохозяйственных культур и заданной величине пашни можно записать так:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \leq 3200,$$

где $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ - неизвестные площади посева культур, например, пшеницы, ячменя, ..., картофеля, а величина 3200 - константа, обозначающая известную площадь пашни в хозяйстве.

Смысл данного условия в том, что площадь пашни, необходимой для возделывания перечисленных культур, не может превышать ее наличия в хозяйстве, т.е. 3200 га.

Может быть известно, что посевная площадь какой-либо культуры, ячменя, например, в хозяйстве ограничена, и не может превышать, к примеру, 250 га. В таком случае ограничение запишется: $x_2 \leq 250$.

Еще пример. Условие по использованию трудовых ресурсов при известном их объеме имеет вид:

$$49x_1 + 21x_2 + \dots + 400x_6 \leq 280000,$$

где технико-экономические коэффициенты при переменных означают затраты труда в человеко-часах в расчете на 1 га пшеницы, ячменя, ..., картофеля, а константа 280000 - заданный объем трудовых ресурсов в чел.-часах.

2. Запись ограничений с изменяющимися объемами.

Прием первый: построение двусторонних ограничений.

Площадь посева какой-либо сельскохозяйственной культуры или группы культур может быть задана в определенных границах. Например, площадь под пшеницей должна составить не менее 200 га, но не более 450 га. Запись этого условия осуществляется в виде двух ограничений с использованием 2-х типов линейных соотношений (\geq, \leq)

$$x_1 \geq 200$$

$$x_1 \leq 450$$

В одном линейном соотношении записать это условие нельзя.

Прием второй: введение вспомогательной переменной.

Если, например, допускается возможность увеличения трудовых ресурсов за счет привлечения со стороны сезонных и временных рабочих, то запись условия такова:

$$49x_1 + 21x_2 + \dots + 400x_6 \leq 280000 + x_{10},$$

где x_{10} - вспомогательная переменная, обозначающая объем привлекаемых трудовых ресурсов в человеко-часах. Перенос в левую часть x_{10} , получим:

$$49x_1 + 21x_2 + \dots + 400x_6 - x_{10} \leq 280000$$

3. Запись ограничений с помощью отраженной переменной.

Возможен такой вариант, когда объем производственного ресурса заранее не известен, а является величиной расчетной, т.е. определяется в процессе решения задачи.

В этом случае ограничение выглядит так:

$$49x_1 + 21x_2 + \dots + 400x_6 = x_{11},$$

где x_{11} - вспомогательная переменная, обозначающая неизвестное общее количество трудовых ресурсов. Перенеся x_{11} в левую часть, получим:

$$49x_1 + 21x_2 + \dots + 400x_6 - x_{11} = 0$$

Вспомогательная переменная x_{11} отражает общие суммарные затраты труда, поэтому ее называют также отраженной переменной.

4. Запись ограничений с помощью коэффициентов пропорциональности.

Эти ограничения вводятся в тех случаях, когда необходимо задать определенные соотношения между посевными площадями различных культур или между отдельными кормами и их группами в рационе животных и в других аналогичных случаях.

Например, условие о том, что удельный вес озимых зерновых в общей площади зерновых может составлять не менее 35 %, можно записать следующим образом:

$$x_1 + x_2 \geq 0,35 \cdot (x_1 + x_2 + x_3 + x_4),$$

где x_1 и x_2 - площади под озимой рожью и пшеницей, x_3 - площадь под ячменем, x_4 - площадь под овсом.

Или приведя подобные члены, получим окончательный вид:

$$0,65x_1 + 0,65x_2 - 0,35x_3 - 0,35x_4 \geq 0.$$

Если в модели много условий по удельному весу отдельных культур в общей площади пашни, то целесообразно ввести вспомогательное ограничение по общей площади пашни. Например:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = x_5,$$

где x_5 - отраженная переменная, обозначающая общую площадь пашни.

После преобразования имеем: $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - x_5 = 0$

Запишем теперь условие о том, что овес должен занимать в общей площади пашни не более 10 %.

$$x_4 \leq 0,1x_5 \text{ или } x_4 - 0,1x_5 \leq 0.$$

Аналогично можно записать соотношение по удельному весу отдельных половозрастных групп животных в общем поголовье.

При моделировании экономических процессов могут быть случаи, когда необходимо отразить условия, связанные с изменением технико-экономических коэффициентов. Это бывает в тех случаях, когда нужно показать процесс интенсификации с.-х. производства, связанный с добавочными затратами. Рассмотрим эти приемы.

5. Метод среднего взвешенного.

В задачу вводится одна и та же отрасль, но с двумя уровнями урожайности и соответственно с двумя уровнями затрат. Тогда истинное значение урожайности находится после решения задачи путем определения средневзвешенной величины технико-экономических коэффициентов. Пусть в задаче переменные величины x_1 и x_2 обозначают площадь посева пшеницы с урожайностью 25 ц и 30 ц. При решении задачи возможны три случая:

1. $x_1 > 0, x_2 = 0$;
2. $x_1 = 0, x_2 > 0$;
3. $x_1 > 0, x_2 > 0$;

В первом случае урожайность пшеницы будет 25 ц, во втором – 30 ц, в третьем определится так:
$$\frac{25x_1 + 30x_2}{x_1 + x_2}$$

Допустим $x_1 = 300$ га, $x_2 = 200$ га, то урожайность пшеницы будет равна:

$$\frac{25 \cdot 300 + 30 \cdot 200}{300 + 200} = 27 \text{ ц.}$$

6. Метод суммирования и вычитания коэффициентов.

Метод суммирования коэффициентов - это прием, с помощью которого определяют целесообразность повышения затрат производственных ресурсов с учетом их наличия в хозяйстве и влияния на производственные результаты.

Обратный метод суммирования - прием вычитания коэффициентов -

используется в тех случаях, когда капитальные вложения в ту или иную отрасль приводят к снижению норм затрат ресурсов. Прием этот используется редко, вследствие недостаточности информации или значительных трудностей в получении достоверных данных о повышении производительности труда при внедрении того или иного комплекса машин и механизмов.

1.2 Задания самостоятельной работы № 1 по теме: «Основные приемы моделирования»

Формализовать в виде неравенств и уравнений условия производства (содержание к.ед. представлено в приложении А).

Вариант № 1

Задача 1. Составить условие использования пашни в хозяйстве, если известно, что ее площадь составляет 6000 га, на которой можно высевать следующие культуры: пшеницу, овес, ячмень, кукурузу; 300 га пашни отводится под чистый пар.

Задача 2. Допустимая по зоотехническим нормам питательность концентрированных кормов в рационе коровы может составлять от 2,9 до 4,5 к.ед., грубых кормов от 4,3 до 5,7 к.ед. Составить условия по включению этих групп кормов в рацион, если в хозяйстве имеются комбикорм, ячменная мука, солома, сено многолетних трав.

Задача 3. В хозяйстве имеется 4 тыс. га пашни. На ней высеваются: пшеница, ячмень, овес, кормовые корнеплоды, кукуруза на силос, многолетние травы. Зерновые могут занимать от 60 до 70 % площади пашни. Записать ограничения по использованию площади пашни и структуре посевных площадей.

Вариант № 2

Задача 1. На одну голову крупного рогатого скота в сутки требуется не менее 6 к.ед. кормов. Имеются следующие корма: сено многолетних трав, силос кукурузный, сенаж, ячмень, овес. Суточное потребление силоса должно быть не

более 6 кг. Записать эти условия.

Задача 2. Составить ограничения по площади пашни и трудовым ресурсам, если известно, что площадь пашни составляет 10 тыс. га, а количество трудовых ресурсов может составлять от 300 тыс. чел.-час. до 400 тыс. чел.-час. Затраты труда равны: на га посева пшеницы 16 чел.-час., озимой ржи - 14, ячменя - 13, кукурузы на силос - 28, многолетних трав на сено - 7, на одну голову крупного рогатого скота - 29 чел.-час.

Задача 3. Из зерновых культур в хозяйстве высеваются пшеница, горох, овес. Пшеница должна составлять не более 70 % от общей площади зерновых. Записать это условие.

Вариант № 3

Задача 1. Записать условие, определяющее площадь земельного участка, на котором высеваются зерновые, однолетние травы, кормовые корнеплоды и овощи.

Задача 2. В кормовой рацион могут включаться ячмень, сено многолетних трав, солома, кукурузный силос. Записать условие, что грубые корма в рационе могут составлять не более 40 % общей его питательности.

Задача 3. В хозяйстве высеваются зерновые – пшеница, овес, горох. Овес должен составлять не более 40 % от общей площади зерновых. Записать условие по структуре посевных площадей, используя отраженную переменную для площади зерновых культур.

Вариант № 4

Задача 1. Составить условие обеспеченности кормами одной коровы, которой в сутки требуется не менее 10,3 к.ед. Из кормов имеются сено, солома, силос кукурузный, комбикорм.

Задача 2. Площадь естественных пастбищ в хозяйстве составляет 100 га. В случае необходимости она может быть увеличена на 800 га. Ввести переменные и составить систему ограничений, по использованию пастбищ и возможности увеличения их площади.

Задача 3. В хозяйстве возделываются горох, ячмень и овес на фураж. Урожайность гороха равна 15 ц с 1 га, ячменя - 20, овса - 13 ц с 1 га. Составить условия, определяющие наличие концентрированных кормов в натуре и кормовых единицах.

Вариант № 5

Задача 1. В кормовой рацион могут включаться ячмень, солома, сено многолетних трав, кукурузный силос. Записать условие, что грубые корма в рационе могут составлять не более 40 % общей его питательности.

Задача 2. В задаче 1 записать условие по структуре кормового рациона, введя отраженную переменную по питательности грубых кормов.

Задача 3. Записать требование продажи не менее 75 тыс. ц зерна, в т.ч. пшеницы не менее 70 тыс. ц. Выход товарного зерна с 1 га посева пшеницы составляет 23 ц, ячменя - 20 ц.

Вариант № 6

Задача 1. Хозяйство должно продать не менее 14 тыс. ц молока и 3500 ц мяса. Выход товарного молока на 1 корову составляет 2300 кг, выход мяса на 1 голову молодняка крупного рогатого скота -160 кг. Составить условия по продаже продукции животноводства.

Задача 2. Из зерновых в хозяйстве высеиваются пшеница, овес, горох. Пшеница должна составлять не более 70 % от общей площади зерновых. Записать это условие.

Задача 3. В задаче 2 записать условие по структуре посевных площадей, используя отраженную переменную для площади зерновых культур.

Вариант № 7

Задача 1. В состав стада крупного рогатого скота входят коровы, нетели, телки и бычки старше 1 года, телки и бычки до 1 года. Записать, что удельный вес коров в стаде может колебаться в пределах от 40 до 50 %, а удельный вес нетелей от 8 до 10 %.

Задача 2. С помощью отраженной переменной, обозначающей общее поголовье, записать условия задачи 1.

Задача 3. Составить условие использования пашни, если известно, что ее площадь составляет 5500 га, на которой можно высевать следующие культуры: пшеницу, овес, ячмень, кукурузу, однолетние травы; часть пашни отводится под чистый пар.

Вариант № 8

Задача 1. Площадь пашни в хозяйстве составляет 6 тыс. га, естественных пастбищ - 1500 га, естественных сенокосов - 900 га. Почвенные условия позволяют до 400 га пастбищ трансформировать в пашню и до 300 га в естественные сенокосы. На пашне выращиваются зерновые культуры и кукуруза на силос. Составить ограничения по использованию земельных угодий и возможности их трансформации.

Задача 2. В хозяйстве имеется 4 тыс. га пашни. На ней высеваются; пшеница, овес, ячмень, кормовые корнеплоды, кукуруза на силос, однолетние травы. Зерновые могут занимать от 60 до 70 % площади пашни. Записать ограничения по использованию площади пашни и структуре посевных площадей.

Задача 3. В задаче 2 с помощью отраженной переменной для площади зерновых культур записать ограничения по структуре посевных площадей и площади пашни.

Вариант № 9

Задача 1. В хозяйстве выращивается пшеница, кукуруза на силос, многолетние травы. Затраты труда на 1 га соответственно равны 1,8; 3,2; 1,3 чел.-дня. Для их возделывания имеются трудовые ресурсы в количестве 110 тыс. чел.-дней. В случае недостатка последних можно использовать дополнительно 14 тыс. чел.-дней привлеченных работников. Составить ограничения по использованию трудовых ресурсов и возможности их пополнения.

Задача 2. Записать условие, определяющее площадь земельного участка, на котором высеваются зерновые, однолетние травы, кормовые корнеплоды и овощи.

Задача 3. В кормовой рацион могут включаться овес, сено многолетних трав, солома, силос кукурузный. Записать условие, что грубые корма в рационе могут составлять не более 35 % общей его питательности.

Вариант № 10

Задача 1. Допустимая по зоотехническим нормам питательность концентрированных кормов в рационе коровы может составлять от 2,7 до 4,2 к.ед., грубых кормов от 4,0 до 5,5 к.ед. Составить условия по включению этих групп кормов в рацион, если в хозяйстве имеется ячменная мука, сено многолетних трав, солома, комбикорм.

Задача 2. На 1 голову крупного рогатого скота в сутки требуется не менее 6 к.ед. кормов. Имеются следующие корма: сено многолетних трав, сенаж, силос кукурузный, овес, ячмень. Суточное потребление силоса должно быть не более 6 кг, сена - не менее 2 кг. Записать эти условия.

Задача 3. Из овощных культур в хозяйстве высеваются капуста, лук, перец, помидоры, баклажаны. Капуста должна составлять не более 20 % от общей площади овощных культур. Записать это условие.

Вариант № 11

Задача 1. В хозяйстве возделываются овес, ячмень и горох на фураж. Урожайность овса равна 16 ц с 1 га, ячменя - 21 ц, гороха-16 ц с 1 га. Требуется составить условия, определяющие наличие концентрированных кормов в натуре и кормовых единицах.

Задача 2. В хозяйстве будут высевать следующие культуры: пшеницу, ячмень, овес, кукурузу, однолетние травы, овощи, картофель. Составить условие использования пашни, если известно, что ее площадь составляет 5600 га.

Задача 3. Составить условие обеспеченности кормами одной коровы,

которой в сутки требуется не менее 10,2 к. ед. Из кормов имеются: концентраты, силос кукурузный, сено, солома.

Вариант № 12

Задача 1. Записать требование продажи не менее 60 тыс. ц зерна, в том числе пшеницы не менее 50 тыс. ц. Выход товарного зерна с 1 га посева яровой пшеницы составляет 23,5 ц, ячменя -20 ц.

Задача 2. Составить ограничения по площади пашни и ресурсам труда, если известно, что площадь пашни составляет 12,5 тыс. га, а количество трудовых ресурсов может составлять от 1 млн. до 1,1 млн. чел.-час. Затраты труда равны: на 1 га посева яровой пшеницы - 16 чел.-час., ячменя – 13, кукурузы на силос – 28, многолетних трав на сено - 6, на 1 голову крупного рогатого скота - 28 чел.-ч.

Задача 3. Используя условие задачи 2 составить ограничение по затратам трудовых ресурсов с помощью отраженной переменной.

Вариант № 13

Задача 1. Площадь естественных пастбищ в хозяйстве составляет 2500 га. В случае необходимости она может быть увеличена на 500 га. Ввести переменные и составить систему ограничений по использованию пастбищ и возможности увеличения их площади.

Задача 2. В кормовой рацион могут включаться ячмень, кукуруза, сено многолетних трав, сено однолетних трав, солома, однолетние травы на зеленый корм, кукурузный силос. Записать условие, что грубые корма в рационе могут составлять не более 40 % общей его питательности.

Задача 3. В задаче 2 записать условие по питательности рациона, введя отраженную переменную.

1.3 Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение терминам «модель» и «моделирование».
2. Перечислите известные вам виды моделирования.

3. В чем отличие экономико-математической модели от физической?
4. Что понимается под методами линейного программирования?
5. Перечислите основные этапы работ при принятии оптимальных решений.
6. Каким основным требованиям должна удовлетворять задача?
7. Перечислите основные элементы математической модели.
8. Как экономически интерпретируются методы линейного программирования?
9. Классификация переменных и ограничений по их роли в моделируемом процессе.
10. Чем характеризуются переменные величины?
11. Как классифицируются системы ограничений?
12. Что представляют собой технико-экономические коэффициенты при переменных в ограничениях?
13. Охарактеризуйте взаимосвязь оценок переменных в целевой функции с критериями оптимальности?
14. Запишите ограничения по наличным ресурсам.
15. Запишите ограничения по производству и использованию кормов и органических удобрений.
16. Запишите ограничения пропорциональных связей между переменными.
17. Как записываются ограничения по производству продукции?
18. Как записываются ограничения по расчету показателей экономической эффективности? Сформулируйте условия с изменяющимися технико-экономическими коэффициентами.

2. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

2.1 Анализ оптимального решения на основе коэффициентов последней симплексной таблицы

Экономико-математические методы позволяют проводить экономический анализ оптимальных решений. Цель анализа оптимальных решений заключается в следующем:

- дать общую оценку полученному решению, выявить переменные, вошедшие и не вошедшие в решение;
- сопоставить полученное решение с рассчитанным традиционными методами, определить эффект оптимизации;
- выявить возможности и резервы развития моделируемого объекта для выработки управленческого решения;
- определить общие экономические показатели развития объекта в планируемом периоде;
- установить пределы возможностей для корректировки оптимального решения и получения новых вариантных решений при изменении первоначальных параметров задачи.

Возможность анализа заложена в особенностях метода линейного программирования, который позволяет получать как решение прямой задачи, так и решение двойственной задачи.

С математической точки зрения совершенно безразлично, какая из двух задач прямая, а какая – двойственная. Но если оптимальное решение экономического процесса находится с помощью какой-либо экономико-математической задачи, то эта задача является прямой. Двойственная ей задача предназначается для получения двойственных оценок оптимального плана.

Для получения двойственных оценок, достаточно получить окончательную симплексную таблицу прямой задачи, которая и будет содержать двойственные оценки.

Как правило, эти оценки позволяют определить степень эффективности производственных ресурсов, вовлекаемых в производственный процесс, но они имеют значение только в условиях функционирования конкретной задачи. Поэтому для определения какого-либо дополнительного эффекта необходимо соизмерять получение этого эффекта с требуемыми дополнительными затратами. Именно с помощью двойственных оценок, которые получили название *объективно обусловленных оценок*, можно решить проблему целесообразности вовлечения в производство дополнительных ресурсов.

Проиллюстрируем это на следующем примере: На площади 22 га высаживаются три культуры: капуста, огурцы и помидоры. Выращивание капусты позволяет получать прибыль (в расчете на 1 га) в размере 80 тыс. ден.ед., огурцов – 50 тыс. ден.ед., помидор – 65 тыс. ден.ед. Затраты трудовых и материально-денежных затрат приведены в таблице 1. Определить оптимальное сочетание посевов этих культур, чтобы получить максимальную прибыль.

Таблица 1 – Исходная информация

Показатели	Затраты труда на 1 га посева			Объем ресурса
	капусты	огурцов	помидор	
А	1	2	3	4
Трудовые затраты, чел-час.	80	100	120	2520
Материально-денежные затраты, тыс. ден.ед.	60	40	50	1200

Пусть x_1 – площадь капусты, га; x_2 – площадь огурцов, га; x_3 – площадь помидор, га. Тогда всего затратим:

площади пашни: $x_1 + x_2 + x_3$ (га);

трудовых ресурсов: $80x_1 + 100x_2 + 120x_3$ (чел.-час.);

материально-денежных затрат: $60x_1 + 40x_2 + 50x_3$ (тыс. ден.ед.).

Производство ограничено объемами ресурсов: пашни – 22 (га); трудовых ресурсов - 2520 (чел.-час.); материально-денежных затрат - 1200 (тыс. ден.ед.). Прибыль должна быть максимальной.

В результате получим модель:

$$F = 80x_1 + 50x_2 + 65x_3 \rightarrow \max$$

$$\text{При условии } \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 22 \\ 80x_1 + 100x_2 + 120x_3 \leq 2520 \\ 60x_1 + 40x_2 + 50x_3 \leq 1200 \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

Приведем систему к каноническому виду.

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 22 \\ 80x_1 + 100x_2 + 120x_3 + x_5 = 2520 \\ 60x_1 + 40x_2 + 50x_3 + x_6 = 1200 \end{cases} \quad (2)$$

В системе (2) переменные x_4, x_5, x_6 являются дополнительными и показывают соответственно недоиспользование ресурсов земли, труда и материально-денежных затрат.

В соответствии с алгоритмом решения задачи составим первую симплексную таблицу.

Базис	c	b	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b/a
x_4	0	22	1	1	1	1	0	0	22
x_5	0	2520	80	100	120	0	1	0	31,5
x_6	0	1200	60	40	50	0	0	1	20
$m+1$		0	-80	-50	-65	0	0	0	

В этой таблице отражено первоначальное допустимое решение, в котором основные переменные, означающие искомые площади посевов культур, равны нулю, а дополнительные переменные соответственно равны имеющимся ресурсам, так как они пока не используются. Поэтому и прибыль в столбце свободных членов равна нулю.

В соответствии с правилами вычислений найдем разрешающий столбец и разрешающую строку и перейдем к следующей симплексной таблице.

Базис	c	b	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
x_4	0	2	0	1/3	1/6	1	0	-1/60
x_5	0	920	0	140/3	160/3	0	1	-4/3
x_1	80	20	1	2/3	5/6	0	0	1/60
$m+1$		1600	0	10/3	5/3	0	0	4/3

В таблице получено оптимальное решение, так как в строке целевой функции нет коэффициентов с отрицательным знаком.

Ответ: $F_{\max} = 1600$, $\bar{X} = (20, 0, 0, 2, 920, 0)$

Следовательно, при принятых ранее условиях максимальная величина прибыли может составить 1600 тыс. ден.ед. Для этого необходимо, чтобы посевная площадь капусты составила 20 га. Для принятого критерия оптимальности выращивание капусты и огурцов оказалось невыгодным и они не вошли в оптимальное решение. Из трех ресурсов, имеющихся в хозяйстве, два (земля и трудовые ресурсы) оказались недефицитными, поскольку используются не полностью (не использовано 2 га земли и трудовые ресурсы недоиспользованы в размере 920 чел.-час.). Однако материально-денежные ресурсы используются полностью.

В строке целевой функции находятся коэффициенты: $10/3$ (x_2), $5/3$ (x_3) и $4/3$ (x_6). Это и есть двойственные оценки небазисных переменных. Первые два коэффициента означают степень невыгодности огурцов и помидор на площади 1 га для ранее принятого критерия оптимальности, третий - степень дефицитности материально-денежных ресурсов. Так, если в оптимальном варианте значение целевой функции составило 1600 тыс. ден.ед., то посев огурцов только уменьшает целевую функцию (каждый 1 га огурцов уменьшает ее на $10/3$ тыс. ден.ед., а 1 га помидор уменьшает на $5/3$ тыс. ден.ед.). Двойственная оценка ресурсов (материально-денежных затрат x_6) показывает, на какую сумму увеличилась бы прибыль, если бы удалось дополнительно привлечь единицу дефицитных ресурсов. Чем дефицитнее ресурс, тем выше его двойственная оценка. Так, в рассматриваемом примере дополнительная 1 тыс. ден.ед. материально-денежных затрат дала бы прирост прибыли на $4/3$ тыс. ден.ед.

Обычно эффективность полученного оптимального решения оценивают, сравнивая оптимальный вариант плана с составленным традиционным способом.

Следует отметить, что любое сравнение двух решений правомерно лишь в том случае, если они основаны на общей исходной информации. Только в этом случае может быть выявлен эффект оптимизации. Например, если в плане, составленном традиционным способом, показана одна урожайность, а в

оптимизационной задаче - другая, то сравнивать оба решения и отмечать какие-то преимущества оптимальных решений неверно, хотя это не исключает необходимости анализа оптимального решения. Но этот анализ будет проводиться уже с точки зрения достигнутого уровня показателей экономической эффективности производства.

Коэффициенты при переменных носят название *коэффициентов замещения*, или *коэффициентов структурных сдвигов*. При этом для дополнительных переменных знаки сохраняют свои значения, а у основных имеют противоположное значение. В общем случае, когда основной переменной придается положительное значение, все знаки при коэффициентах замещения имеют обратный смысл, т.е. знак «+» означает, что из базисной переменной надо вычесть величину коэффициента замещения, а знак «-», то прибавить.

Введение небазисных переменных изменяет внутреннюю структуру оптимального решения. Поэтому, используя коэффициенты замещения, можно корректировать оптимальные решения и получать новые расчетные варианты, не решая повторно задачу на ЭВМ. Однако существуют пределы подобных корректировок. Расчет их связан с основным требованием линейного программирования, т.е. требованием неотрицательности переменных величин. Небазисную переменную можно вводить до тех пор, пока соответствующие расчеты не обратят значение базисной переменной в нуль. Но так как коэффициентов при небазисной переменной может быть много, то общее правило определения границ небазисных переменных заключается в следующем: предельная величина небазисной переменной равна наименьшему частному от деления значений базисных переменных на соответствующие коэффициенты замещения.

Зная эти правила, легко выполнить любой расчет по корректировке оптимальных решений.

Проведем корректировку решения по следующим условиям:

1. Увеличить площадь пашни на 2 га.

2. Увеличить материально-денежные ресурсы на 10 тыс. ден.ед.
3. Ввести в решение 6 га огурцов.
4. Под помидоры отвести площадь 12 га.

Примечание. Корректировку осуществлять последовательно, на основании предыдущего решения.

1. За пашню отвечает дополнительная переменная x_4 . Эта переменная является базисной, таким образом, данный ресурс полностью не используется. Следовательно, увеличение площади пашни на 2 га, приведет к увеличению неиспользованной пашни также на 2 га и на результат остальных переменных не повлияет.

Получим: $F = 1600$, $\bar{X} = (20, 0, 0, 4, 920, 0)$

2. За материально-денежные ресурсы отвечает дополнительная переменная x_6 . Эта переменная является небазисной, следовательно ресурс был использован полностью. Прежде чем, увеличить данный ресурс, мы должны проверить в каких пределах он может изменяться.

Границы изменения материально-денежных ресурсов:

$$\max \left\{ -\frac{20}{1/60} \right\} \leq \Delta b_3 \leq \min \left\{ -\frac{4}{-1/60}, -\frac{920}{-4/3} \right\}$$

$$\max \{-1200\} \leq \Delta b_3 \leq \min \{240, 690\}$$

$$-1200 \leq \Delta b_3 \leq 240 \Rightarrow 0 \leq b_3 \leq 1440$$

Если увеличить материально-денежные ресурсы на 10 тыс. ден.ед., то их объем составит 1210 тыс. ден.ед. Эта величина попадает в интервал варьирования, следовательно, данное изменение можно произвести.

Базис	b	x_6	$x_6 * 10$	b_1
x_4	4	-1/60	-1/6	$4 - 1/6 \approx 3,83$
x_5	920	-4/3	-40/3	$920 - 40/3 \approx 906,67$
x_1	20	1/60	1/6	$20 + 1/6 \approx 20,17$
$m+1$	1600	4/3	40/3	$1600 + 40/3 \approx 1613,33$

Если увеличить материально-денежные ресурсы на 10 тыс. ден.ед., то прибыль увеличится на 13,33 тыс. ден.ед. и составит 1613,33 тыс. ден.ед.

Площадь капусты увеличится и составит 20,17 га, при этом сократятся недоиспользованные ресурсы (пашня на 0,17 га, трудовые затраты на 13,33 чел.-час.).

3. Прежде чем ввести в решение 6 га огурцов, необходимо проверить, какую максимальную площадь данной культуры можно использовать.

$$x_2 = \min \left\{ \frac{3,83}{1/3}, \frac{906,67}{140/3}, \frac{20,17}{2/3} \right\} = \min \{11,49; 19,43; 30,26\} = 11,49 \text{ (га)}.$$

Максимально возможная площадь огурцов составляет 11,49 га, поэтому введем в решение заданную площадь равную 6 га.

Базис	ϵ_1	x_2	$x_2 * 6$	ϵ_2
x_4	3,83	1/3	2	3,83-2=1,83
x_5	906,67	140/3	280	906,67-280=626,67
x_1	20,17	2/3	4	20,17-4=16,17
x_2	0	-1	-6	0+6=6
$m+1$	1613,33	10/3	20	1613,33-20=1593,33

Если выращивать огурцы на площади 6 га, то прибыль сократится на 20 тыс. ден.ед. и составит 1593,33 тыс. ден.ед., при этом сократится площадь капусты, которая составит 16,17 га. Будет недоиспользовано 1,83 га пашни и 626,67 чел.-часов трудовых ресурсов.

4. Аналогично находим максимально допустимую площадь помидор.

$$x_3 = \min \left\{ \frac{1,83}{1/6}, \frac{626,67}{160/3}, \frac{16,17}{5/6} \right\} = \min \{10,98; 11,75; 19,4\} = 10,98 \text{ (га)}.$$

Максимально возможная площадь огурцов составляет 10,98 га, поэтому мы не можем в решении использовать 12 га помидор, т.к. у нас не хватит ресурсов. Поэтому пусть $x_3=10$.

Базис	ϵ_2	x_3	$x_3 * 10$	ϵ_3
x_4	1,83	1/6	5/3	1,83-5/3≈0,16
x_5	626,67	160/3	1600/3	626,67-1600/3≈93,34
x_1	16,17	5/6	25/3	16,17-25/3≈7,84
x_2	6	0	0	6-0=6
x_3	0	-1	-10	0+10=10
$m+1$	1593,33	5/3	50/3	1593,33-50/3≈1576,66

Если выращивать помидоры на площади 10 га, то прибыль сократится и составит 1573,66 тыс. ден.ед., при этом сократится площадь капусты, которая

составит 7,84 га. Будет недоиспользовано 0,16 га пашни и 93,34 чел.-часов трудовых ресурсов.

2.2 Задания самостоятельной работы № 2 по теме: «Вариантные решения»

В хозяйстве для возделывания трех овощных культур выделены ресурсы: пашни – 200 га, труда – 140000 чел.-час, в том числе в напряженный период – 38500 чел.-час. Затраты труда на гектар, урожайность и прибыль с гектара в среднем за три года по вариантам следующие:

Таблица 2 – Исходная информация

№ варианта	Культуры	Показатели		
		затраты труда на 1 га(чел.-час.)		прибыль, тыс. ден.ед.
		всего	в т.ч. в напряженный период	
А	1	2	3	4
1	Капуста	500	175	600
	Огурцы	950	140	350
	Помидоры	2380	210	400
2	Капуста	490	154	550
	Огурцы	980	160	330
	Помидоры	2370	210	410
3	Капуста	480	190	610
	Огурцы	950	140	360
	Помидоры	2330	175	410
4	Капуста	480	175	600
	Огурцы	900	210	300
	Помидоры	2300	175	400
5	Капуста	460	130	590
	Огурцы	980	140	350
	Помидоры	2310	200	380
6	Капуста	460	190	590
	Огурцы	940	170	355
	Помидоры	2500	200	400
7	Капуста	400	160	580
	Огурцы	990	170	360
	Помидоры	2400	220	380
8	Капуста	490	180	580
	Огурцы	900	110	300
	Помидоры	2300	210	350

Окончание таблицы 2

А	1	2	3	4
9	Капуста	520	170	600
	Огурцы	1000	140	320
	Помидоры	2480	280	380
10	Капуста	480	190	610
	Огурцы	980	140	310
	Помидоры	2180	240	380
11	Капуста	510	170	600
	Огурцы	970	160	360
	Помидоры	2360	230	420
12	Капуста	520	180	600
	Огурцы	960	190	370
	Помидоры	2450	250	410
13	Капуста	510	185	610
	Огурцы	1000	200	370
	Помидоры	2360	260	420
14	Капуста	530	190	620
	Огурцы	990	160	375
	Помидоры	2460	230	400
15	Капуста	490	180	620
	Огурцы	970	150	370
	Помидоры	2440	250	410
16	Капуста	500	180	610
	Огурцы	960	160	350
	Помидоры	2410	230	390
17	Капуста	470	170	590
	Огурцы	990	180	340
	Помидоры	2490	210	390
18	Капуста	510	170	580
	Огурцы	990	190	340
	Помидоры	2440	230	400
19	Капуста	520	180	590
	Огурцы	980	170	360
	Помидоры	2420	210	400
20	Капуста	530	180	580
	Огурцы	970	190	350
	Помидоры	2390	200	390

1. Можно ли изменить площадь пашни? Если «да», то в каких пределах?
2. Увеличьте площадь пашни до 210 га.
3. Можно ли изменить ресурсы труда? В каких пределах?
4. Ввести в решение площадь огурцов: 10 га.
5. Под помидоры отвести площадь 20 га.

Замечание: Если предельные значения площадей в пунктах 4 и 5 меньше указанных, то в расчетах использовать полученные предельные значения.

2.3 Вопросы для самопроверки

1. Что представляют собой двойственные оценки оптимального плана?
2. Для чего используются коэффициенты замещения.
3. Как определяется максимально возможное значение основной переменной?
4. Как определяются границы изменения переменной, отвечающей за использование ресурса?

3. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

3.1 Общая постановка задачи

Одной из главных задач хозяйства является рациональное использование земли. Решение этой задачи зависит от принятой структуры посевных площадей.

При определении оптимальной структуры возникают задачи по оптимизации структуры угодий и посевных площадей с учетом предшественников и севооборотов.

Разработка и внедрение в сельскохозяйственное производство наиболее продуктивных севооборотов - важное средство повышения эффективности использования земли, увеличения валовых сборов сельскохозяйственных культур. Реализуется перспективный план развития сельскохозяйственного предприятия с рациональной структурой посевных площадей, отвечающей специализации хозяйства, природным и экономическим условиям.

Возможны следующие критерии оптимальности:

- минимум материальных затрат;
- минимум пашни;
- максимум валовой продукции.

Существует задача более сложного характера. Это определение оптимальной структуры посевных площадей в целях наилучшего обеспечения животноводства кормами.

При построении модели оптимизация может осуществляться следующими основными способами:

1) учет требований введения севооборотов с учетом агротехнической целесообразности возделывания сельскохозяйственных культур при оптимизации структуры посевных площадей;

2) взаимоувязка планируемой структуры посевных площадей с рекомендуемыми для зоны расположения хозяйства схемами чередования

сельскохозяйственных культур при оптимизации сочетания отраслей на сельскохозяйственном предприятии;

3) выбор лучших схем чередования сельскохозяйственных культур из всего числа возможных для хозяйства;

4) размещение севооборотов определенных типов и видов в хозяйстве или производственном подразделении с учетом качества почв.

В более общей и простой постановке задача сводится к следующему: исходя из перспективы развития хозяйства, необходимости углубления специализации производства, учитывая состояние угодий, освоенные севообороты, план продажи продукции и обеспечения животноводства высококачественными кормами собственного производства определить такую структуру посевных площадей, чтобы хозяйство от этого имело максимальный экономический эффект.

3.2 Построение экономико-математической модели

Для разработки задачи необходимо изучить состояние отраслей, существующую систему севооборотов, технологию и эффективность возделываемых культур.

Для построения модели необходимо подготовить следующую информацию:

1. Площадь с.-х. угодий (площадь пашни, естественных сенокосов, пастбищ, улучшенных сенокосов, и т.д.).

2. Иметь перечень всех культур, которые могут возделываться в условиях данного хозяйства, их урожайность, выход питательных веществ с 1 га.

3. Производственные ресурсы, нормы затрат на 1 га с.-х. культур или 1 ц.

4. Годовые нормы вскармливания отдельных видов кормов.

5. Нормы затрат питательных веществ на 1 ц продукции животноводства.

6. Стоимость 1 ц продукции.

На неизвестные накладываются следующие ограничения: 1) по площади пашни; 2) по рекомендуемым размерам севооборотов; 3) по использованию производственных ресурсов; 4) по выполнению производственной программы полеводства (гарантированному производству кормов и товарной продукции); 5) по условиям неотрицательности переменных.

3.3 Пример решения задачи оптимизации структуры посевных площадей

Пусть площадь пашни 8000 га, площадь сенокосов 500 га. Общие ресурсы труда составляют 300 000 чел.-дн.

Необходимая исходная информация представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Исходная информация

Культуры	Урожайность, ц/га	Трудоемкость, чел.-дн./ц	Себестоимость, ден. ед/ц	Цена реализации, ден. ед/ц
А	1	2	3	4
Озимая пшеница	30	0,2	3	7
Озимая рожь	20	0,3	3,5	7,5
Яровая пшеница	25	0,2	3	7,5
Яровая рожь	20	0,2	4	8
Овес	15	0,3	3	4
Ячмень	20	0,2	4	5,5
Кормовые корнеплоды	200	0,6	2	2
Однолетние травы на сено	20	0,3	1,5	3
Однолетние травы на зеленый корм	50	0,1	0,5	0,7
Многолетние травы на сено	30	0,2	2	3,5
Многолетние травы на зеленый корм	50	0,1	0,5	0,8
Картофель	200	0,5	6	9

В соответствии с севооборотами установлено, что площадь зернового клина не более 60 % площади пашни. Площадь под озимыми в зерновом клине

не менее 50 %, но не более 4000 га. Площадь под кормовыми корнеплодами 400 – 500 га. Площадь под травами на сено и зеленый корм не менее 500 и 600 га соответственно. Площадь картофеля не более 200 га.

Необходимо продать не менее 80000 ц зерна и 30000 ц картофеля.

За неизвестные, примем площади посева сельскохозяйственных культур по видам. Пусть:

x_1 - площадь посева озимой пшеницы, га;

x_2 - площадь посева озимой ржи, га;

x_3 - площадь посева яровой пшеницы, га;

x_4 - площадь посева яровой ржи, га;

x_5 - площадь посева овса, га;

x_6 - площадь посева ячменя, га;

x_7 - площадь посева кормовых корнеплодов, га;

x_8 - площадь посева однолетних трав на сено, га;

x_9 - площадь посева однолетних трав на зеленый корм, га;

x_{10} - площадь посева многолетних трав на сено, га;

x_{11} - площадь посева многолетних трав на зеленый корм, га;

x_{12} - площадь посева картофеля, га;

x_{13} - общая посевная площадь, га.

Для построения экономико-математической модели задачи необходимо учесть все условия.

В соответствии с имеющимися производственными ресурсами:

1) по площади пашни, га

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} = x_{13}$$

$$x_{13} \leq 8000$$

2) по трудовым ресурсам, чел.-дн.

$$6x_1 + 6x_2 + 5x_3 + 4x_4 + 4,5x_5 + 4x_6 + 120x_7 + 6x_8 + 5x_9 + 6x_{10} + 5x_{11} + 100x_{12} \leq 30000$$

Ограничения по допустимо возможным пределам площадей отдельных

групп и видов культур.

3) по площади зерновых, га

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \leq 0,6x_{13}$$

4) по площади озимых, га

$$x_1 + x_2 \leq 4000$$

$$x_1 + x_2 \geq 0,5(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6)$$

5) по площади трав на сено, га

$$x_8 + x_{10} \geq 500$$

6) по площади трав на зеленый корм, га

$$x_9 + x_{11} \geq 600$$

7) по площади кормовых корнеплодов, га

$$x_7 \geq 400$$

$$x_7 \leq 500$$

8) по площади картофеля, га

$$x_{12} \leq 200$$

Ограничения по производству продукции.

9) по валовому сбору картофеля, ц

$$200x_{12} \geq 300000$$

10) по валовому сбору зерна, ц

$$30x_1 + 20x_2 + 25x_3 + 20x_4 + 15x_5 + 20x_6 \geq 80000$$

11) условие неотрицательности переменных

$$x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1, 13})$$

Составим целевую функцию по критерию – максимум прибыли:

$$Z = (7 - 3) \cdot 30x_1 + (7,5 - 3,5) \cdot 20x_2 + (7,5 - 3) \cdot 25x_3 + (8 - 4) \cdot 20x_4 + (4 - 3) \cdot 15x_5 + \\ + (5,5 - 4) \cdot 20x_6 + (2 - 2) \cdot 200x_7 + (3 - 1,5) \cdot 20x_8 + (0,7 - 0,5) \cdot 50x_9 + (3,5 - 2) \cdot 30x_{10} + \\ + (0,8 - 0,5) \cdot 50x_{11} + (9 - 6) \cdot 200x_{12} \rightarrow \max$$

или

$$Z = 120x_1 + 80x_2 + 112,5x_3 + 80x_4 + 15x_5 + 30x_6 + 0x_7 + 30x_8 + 10x_9 + 45x_{10} + 15x_{11} + 600x_{12} \rightarrow \max$$

3.4 Задания самостоятельной работы № 3 по теме: «Оптимизация структуры посевных площадей»

Необходимо выбрать такую структуру посевных площадей с.-х. культур, которая бы отвечала требованиям принятых севооборотов и обеспечивала бы получение максимального чистого дохода.

Себестоимость и цена реализации продукции представлены в таблице 4.

Таблица 4- Себестоимость и цена реализации с.-х. продукции

Показатель	Пшеница	Ячмень	Гречиха	Многолетние травы		Кукуруза на силос	Картофель
				на зеленый корм	на сено		
А	1	2	3	4	5	6	7
Себестоимость продукции, ден. ед/ц	162,5	195	210	11,5	90	17,5	347,5
Цена продукции, ден. ед/ц	290	275	298,25	33,25	141,5	27,75	478

План продажи зерновых составляет 120 тыс. ц, картофеля – 31 тыс. ц.

Посевные площади и урожайность с.-х. культур изменяются по вариантам (таблица 5).

Таблица 5- Посевные площади и урожайность с.-х. культур

Вариант	Посевная площадь, га	Урожайность, ц/га						
		Пшеница	Ячмень	Гречиха	Многолетние травы		Кукуруза на силос	Картофель
					на зеленый корм	на сено		
А	1	2	3	4	5	6	7	8
1	11000	25	20	22	90	25	300	150
2	12700	21	19	20	81	22	250	142
3	11200	24	21	19	85	23	260	140

Окончание таблицы 5

А	1	2	3	4	5	6	7	8
4	14500	19	17	18	78	21	210	120
5	10100	27	24	21	95	26	290	145
6	10500	26	22	17	91	24	310	110
7	13800	22	18	23	100	28	230	115
8	12500	23	16	24	80	20	280	156
9	11000	27	25	25	98	19	270	130
10	15000	18	15	17	82	23	290	125
11	9600	28	24	20	105	27	240	128
12	14100	19	18	19	88	22	230	135
13	9200	29	26	26	110	28	320	160
14	10200	27	24	21	78	20	340	120
15	14800	19	15	16	86	19	220	105
16	10700	28	26	19	95	28	300	136
17	12200	23	18	16	101	29	320	121
18	14200	19	21	17	110	28	295	125
19	13500	22	19	21	85	26	283	132
20	12900	24	25	20	81	21	350	145

Согласно требованиям севооборота допускаются следующие минимально и максимально возможные количества посевов отдельных групп с.-х. культур (в % от общей посевной площади): зерновые – 55-60, пропашные – 20-30, многолетние травы – 10-20.

Кроме того, для некоторых культур разрешаются следующие допустимые возможные границы посева (в % от общей посевной площади): ячмень – не менее 10, гречиха – не менее 5, картофель – не более 5.

Необходимо:

1. Составить числовую модель задачи.
2. Решить задачу на ПЭВМ.
3. Проанализировать полученное решение по следующей схеме:
 - а) выполнение плана производства товарной продукции,
 - б) производство валовой продукции,
 - с) структура посевных площадей с/х культур,
 - д) эффективность структуры посевных площадей.

3.5 Вопросы для самопроверки

1. Постановка задачи по расчету оптимальной структуры посевных площадей.
2. Почему необходимо разрабатывать различные постановки задачи?
3. Система переменных и ограничений задачи оптимизации.
4. Сформулируйте группы переменных и ограничений в задаче.
5. Какие критерии оптимальности используются при решении задачи?
6. Какую входную информацию необходимо подготовить?

4. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ КОРМОВОГО РАЦИОНА

4.1 Общая постановка задачи

В практике зоотехнии, имеются разработанные рационы, нормы кормления скота и кормовые смеси, которые применительно к специфике хозяйств конкретизируются и уточняются. Зоотехнической наукой и практикой доказано, что кормление и содержание животных необходимо дифференцировать в зависимости от возрастных особенностей и продуктивности скота, его породы и производственного направления.

В результате стоит проблема составления научно обоснованных рационов кормления скота и птицы, полностью сбалансированных по содержанию в них кормовых единиц, переваримого протеина, кальция, фосфора, каротина, аминокислот и микроэлементов. Такие рационы, полностью сбалансированные в отношении энергетического, протеинового, макроэлементного, аминокислотного и микроэлементного состава и позволяющие добиваться наивысшего экономического эффекта называются оптимальными.

При расчетах кормовых рационов и смесей на ЭВМ приходится пользоваться данными о питательности различных кормов и предполагать линейную зависимость между количеством питательных веществ, потребляемых животными, и их продуктивностью. В одних и тех же кормах содержится неодинаковое количество питательных веществ. Оно зависит от почвенных и климатических условий местности, от сортов и сроков уборки, от времени и способов хранения. Однако все это не может служить препятствием для расчетов рационов кормления на ЭВМ, так как в каждом хозяйстве можно сделать анализ кормов и установить их истинное кормовое достоинство. Даже в условиях недостаточной кормовой базы также следует находить наилучшие варианты рационов.

Критерием оптимизации служат показатели экономичности рациона.

Наиболее распространенным из них является стоимость рациона. Кроме того, критерием оптимизации могут быть минимальный вес рациона или наиболее благоприятное соотношение кормовых единиц и переваримого протеина.

По своей постановке задача оптимального рациона полностью соответствует схеме классической задачи определения наилучшей комбинации использования ресурсов при некоторых, заранее заданных, ограничениях и целевой функции. Условия такой задачи могут быть записаны в виде линейных соотношений и решается она с помощью любой модификации симплексного метода.

4.2 Построение экономико-математической модели

Для составления модели оптимального рациона кормления скота (птицы) необходимо установить следующее:

1. Вид или половозрастную группу скота (птицы), для которой рассчитывается рацион (кормовая смесь); период (сутки, неделя, декада, месяц); живую массу одной головы; планируемую продуктивность;

2. Содержание питательных веществ в рационе в зависимости от продуктивности животных, живой массы, физиологического состояния (устанавливается специалистом хозяйства с учетом фактического состояния дел; в плановых расчетах можно использовать нормативно-справочные сведения);

3. Предельные нормы скармливания отдельных кормов данному виду скота (птицы) или допустимые зоотехнические нормы потребления кормов (из справочной литературы);

4. Виды кормов и кормовых добавок, из которых могут быть составлены кормовые рационы (смеси) (по их наличию в хозяйстве);

5. Содержание всех видов питательных веществ в единице корма или кормовой добавки (определяют путем анализа кормов в агрохимлаборатории или из справочных таблиц по питательности);

б. Цену единицы кормов и кормовых добавок (по данным бухгалтерии).

Основные переменные экономико-математической задачи-корма, которыми располагает сельскохозяйственное предприятие; корма и различные минеральные, белковые и витаминные добавки, которые предприятие может приобретать. Единицами измерения этих переменных служат меры веса, выбор которых зависит от того, для какого вида скота и птицы и на какой период рассчитывается рацион.

Вспомогательные переменные задачи – отраженная переменная по суммарному содержанию кормовых единиц в рационе и отраженная переменная по суммарному содержанию переваримого протеина.

Основными ограничениями экономико-математической задачи записывают условия по балансу питательных веществ. Техничко-экономические коэффициенты переменных по основным ограничениям указывают на содержание питательных веществ в весовой единице корма (в 1 кг).

Дополнительные ограничения ставят по определенным нормам содержания отдельных видов или групп кормов в рационе.

При помощи *вспомогательных ограничений* записывают суммарное количество кормовых единиц и переваримого протеина в рационе. Коэффициенты переменных (соответственно ограничениям) указывают на содержание кормовых единиц и содержание переваримого протеина в весовой единице корма.

По экономическому содержанию и характеру формализации в модели целесообразно выделить следующие группы ограничений: по балансу питательных веществ; по содержанию сухого вещества; по удельному весу групп кормов в рационе; по удельному весу видов кормов внутри групп.

4.3 Пример решения задачи оптимизации кормового рациона

Составить экономико-математическую модель оптимизации суточного рациона кормления для коров со средней живой массой 500 кг и

среднесуточным удоем 14 кг молока в период раздоя. Для обеспечения заданной продуктивности необходимо, чтобы в рационе содержалось не менее 11,6 кг кормовых единиц, 1160 г переваримого протеина, 81 г кальция, 57 г фосфора и 520 мг каротина. Сухого вещества в нем должно быть не более 14,9 кг.

Рацион составляется из комбикорма, сена лугового, сена клеверо-тимофеечного, соломы ячменной, силоса кукурузного, картофеля и кормовой свеклы. Содержание питательных веществ в кормах и их себестоимость представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Содержание питательных веществ в 1 кг корма и себестоимость кормов

Корма	Кормовые единицы, кг	Переваримый протеин, г	Кальций, г	Фосфор, г	Каротин, мг	Сухое вещество, кг	Себестоимость 1 кг корма, ден. ед.
А	1	2	3	4	5	6	7
Комбикорм	0,9	112	15	13	-	0,87	19,5
Сено луговое	0,42	48	6	2,1	15	0,85	3,4
Сено клеверо-тимофеечное	0,5	52	7,4	2,2	30	0,83	2,1
Солома ячменная	0,36	12	3,7	1,2	4	0,85	0,3
Силос кукурузный	0,22	30	3,5	1,2	10	0,31	0,8
Картофель	0,3	16	0,2	0,7	-	0,23	9,7
Кормовая свекла	0,12	9	0,4	0,4	-	0,13	2,1

В соответствии с зоотехническими требованиями отдельные группы кормов в рационе могут изменяться в следующих пределах (% к общему количеству кормовых единиц): концентрированные от 10 до 15, грубые - от 16 до 19, сочные - от 50 до 60, корнеклубнеплоды от 10 до 15. Удельный вес соломы в группе грубых кормов должен составлять не более 30%, а сена клеверо-тимофеечного не менее 40 %, картофеля в группе корнеклубнеплодов – не более 20%.

Критерий оптимальности - минимум себестоимости рациона.

Определим перечень переменных. Количество кормов, которое может

войти в рацион, обозначим через:

x_1 - комбикорм, кг;

x_2 – сено луговое, кг;

x_3 – сено клеверо-тимофеечное, кг;

x_4 – солома ячменная, кг;

x_5 - силос кукурузный, кг;

x_6 – картофель, кг;

x_7 - кормовая свекла, кг;

x_8 – общая питательность рациона, кг.к.ед.

Запишем систему ограничений в развернутом виде.

1. *Ограничения по балансу питательных веществ в рационе:*

1) кормовых единиц не менее

$$0,9x_1 + 0,42x_2 + 0,5x_3 + 0,36x_4 + 0,22x_5 + 0,3x_6 + 0,12x_7 = x_8$$

$$x_8 \geq 11,6$$

2) переваримого протеина не менее

$$112x_1 + 48x_2 + 52x_3 + 12x_4 + 30x_5 + 16x_6 + 9x_7 \geq 1160$$

3) кальция не менее

$$15x_1 + 6x_2 + 7,4x_3 + 3,7x_4 + 3,5x_5 + 0,2x_6 + 0,4x_7 \geq 81$$

4) фосфора не менее

$$13x_1 + 2,1x_2 + 2,2x_3 + 1,2x_4 + 1,2x_5 + 0,7x_6 + 0,4x_7 \geq 57$$

5) каротина не менее

$$15x_2 + 30x_3 + 4x_4 + 10x_5 \geq 520$$

2. *Ограничение по содержанию сухого вещества в рационе:*

$$6) \quad 0,87x_1 + 0,85x_2 + 0,83x_3 + 0,85x_4 + 0,31x_5 + 0,23x_6 + 0,13x_7 \leq 14,9$$

3. *Ограничения по содержанию отдельных групп кормов в рационе:*

7) концентрированных не менее $0,9x_1 \geq 0,1x_8$

8) концентрированных не более $0,9x_1 \leq 0,15x_8$

9) грубых не менее $0,42x_2 + 0,5x_3 + 0,36x_4 \geq 0,16x_8$

10) грубых не более $0,42x_2 + 0,5x_3 + 0,36x_4 \leq 0,19x_8$

11) сочных не менее $0,22x_5 \geq 0,5x_8$

12) сочных не более $0,22x_5 \leq 0,6x_8$

13) корнеклубнеплодов не менее $0,3x_6 + 0,12x_7 \geq 0,1x_8$

14) корнеклубнеплодов не более $0,3x_6 + 0,12x_7 \leq 0,15x_8$

4. *Ограничение по удельному весу:*

15) удельный вес соломы в группе грубых $x_4 \leq 0,3(x_2 + x_3 + x_4)$

16) удельный вес сена клеверо-тимофеечного в группе грубых
 $x_3 \geq 0,4(x_2 + x_3 + x_4)$

17) удельный вес картофеля в группе корнеклубнеплодов
 $x_6 \leq 0,4(x_6 + x_7)$

5. *Условие неотрицательности переменных*

$$x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1, 8})$$

Целевая функция - минимальная себестоимость рациона:

$$Z = 19,5x_1 + 3,4x_2 + 2,1x_3 + 0,3x_4 + 0,6x_5 + 9,7x_6 + 2,1x_7 \rightarrow \min$$

4.4 Задания самостоятельной работы № 4 по теме: «Оптимизация кормового рациона»

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в приложении А.

Необходимо рассчитать оптимальный рацион, для этого:

1. Составить числовую модель задачи.
2. Решить задачу на ПЭВМ.
3. Проанализировать полученное решение.

Вариант № 1

В хозяйстве имеются комбикорм, ячмень, сено естественных трав, сено однолетних трав, ячменная солома, силос кукурузный, сенаж многолетних трав,

кормовая брюква.

Концентрированных кормов должно быть не менее 15,2% и не более 21% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 23,4% до 32,4%, в том числе сена – от 14,9% до 24,9%, сочных – от 50% до 58%, в том числе силоса – от 27,2% до 32,6% и сенажа – от 16,6% до 19,3%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 35% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 7,95 кг, перев. протеин – 857 г, каротин – 330 мг.

Вариант № 2

В хозяйстве имеются комбикорм, овёс, сено клеверо-тимофеечное, сено однолетних трав, солома пшеничная, силос подсолнечниковый, сенаж естественных трав, кормовая свекла.

Концентрированных кормов должно быть не менее 15,7% и не более 21,5% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 23,5% до 32,5%, в том числе сена – от 15% до 25%, сочных – от 49,4% до 57,5%, в том числе силоса – от 26,7% до 32,1% и сенажа – от 16,5% до 19,2%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 30% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 8,27 кг, перев. протеин – 892 г, каротин – 344 мг.

Вариант № 3

В хозяйстве имеются комбикорм, зерноотходы, сено вико-овсяное, сено естественных трав, солома пшеничная, сенаж многолетних трав, картофель, силос кукурузный.

Концентрированных кормов должно быть не менее 15,9% и не более 21,7% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 23,7% до 32,7%, в

том числе сена – от 15,2% до 25,2%, сочных – от 49% до 57%, в том числе силоса – от 26,4% до 31,8% и сенажа – от 16,3% до 19%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 33% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 8,43 кг, перев. протеин – 910 г, каротин – 351 мг.

Вариант № 4

В хозяйстве имеются комбикорм, вика + овёс, сено естественных трав, сено клеверо-тимopheеchnое, солома ячменная, силос кукурузный, сенаж однолетних трав, картофель.

Концентрированных кормов должно быть не менее 16,2% и не более 22% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 23,9% до 32,9%, в том числе сена – от 15,4% до 25,3%, сочных – от 48,6% до 56,7%, в том числе силоса – от 26% до 31,4% и сенажа – от 16,2% до 18,9%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 35% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 8,64 кг, перев. протеин – 932 г, каротин – 359 мг.

Вариант № 5

В хозяйстве имеются комбикорм, ячмень, сено однолетних трав, сено вико-овсяное, солома пшеничная, силос подсолнечниковый, сенаж естественных трав, кормовая свекла.

Концентрированных кормов должно быть не менее 16,4% и не более 22,2% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 24,2% до 33,2%, в том числе сена – от 15,6% до 25,5%, сочных – от 48,2% до 56,3%, в том числе силоса – от 25,7% до 31,1% и сенажа – от 16,1% до 18,8%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 35% грубых кормов,

силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 8,83 кг, перев. протеин – 955 г, каротин – 367 мг.

Вариант № 6

В хозяйстве имеются комбикорм, овёс, сено вико-овсяное, сено клеверотимофеечное, солома ячменная, силос кукурузный, сенаж многолетних трав, кормовая брюква.

Концентрированных кормов должно быть не менее 16,7% и не более 22,5% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 24,4% до 33,4%, в том числе сена – от 15,7% до 25,7%, сочных – от 47,8% до 55,9%, в том числе силоса – от 25,3% до 30,7% и сенажа – от 15,9% до 18,6%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 35% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 9,06 кг, перев. протеин – 978 г, каротин – 377 мг.

Вариант № 7

В хозяйстве имеются комбикорм, зерноотходы, сено однолетних трав, сено естественных трав, солома пшеничная, силос подсолнечниковый, сенаж многолетних трав, картофель.

Концентрированных кормов должно быть не менее 16,9% и не более 22,7% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 24,7% до 33,7%, в том числе сена – от 15,9% до 25,8%, сочных – от 47,4% до 55,5%, в том числе силоса – от 25% до 30,4% и сенажа – от 15,8% до 18,5%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 35% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 9,25 кг, перев. протеин – 998 г, каротин – 385 мг.

Вариант № 8

В хозяйстве имеются комбикорм, вика+овёс, сено естественных трав, сено однолетних трав, ячменная солома, силос подсолнечниковый, сенаж однолетних трав, кормовая свекла.

Концентрированных кормов должно быть не менее 17,2% и не более 23% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 24,9% до 33,9%, в том числе сена – от 16% до 26%, сочных – от 47% до 55%, в том числе силоса – от 24,7% до 30% и сенажа – от 15,7% до 18,3%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 35% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,5.

Суточная потребность: к. ед. – 9,49 кг, перев. протеин – 1024 г, каротин – 395 мг.

Вариант № 9

В хозяйстве имеются комбикорм, ячмень, сено естественных трав, сено клеверо-тимофеечное, солома пшеничная, силос кукурузный, сенаж однолетних трав, кормовая брюква.

Концентрированных кормов должно быть не менее 17,8% и не более 23,6% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 25% до 34%, в том числе сена – от 16,1% до 26,1%, сочных – от 46,4% до 54,5%, в том числе силоса – от 24,2% до 29,5% и сенажа – от 15,5% до 18,2%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 36% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 9,84 кг, перев. протеин – 1061 г, каротин – 409 мг.

Вариант № 10

В хозяйстве имеются комбикорм, овёс, сено вико-овсяное, сено клеверо-тимофеечное, солома пшеничная, силос подсолнечниковый, сенаж

естественных трав, кормовая свекла.

Концентрированных кормов должно быть не менее 18,4% и не более 24,2% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 25,1% до 34,1%, в том числе сена – от 16,2% до 26,2%, сочных – от 45,9% до 54%, в том числе силоса – от 23,7% до 29% и сенажа – от 15,3% до 18%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 35% грубых кормов, силос - не более 53% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,5.

Суточная потребность: к. ед. – 10,18 кг, перев. протеин – 1099 г, каротин – 440 мг.

Вариант № 11

В хозяйстве имеются комбикорм, ячмень, сено естественных трав, сено однолетних трав, ячменная солома, силос кукурузный, сенаж многолетних трав, кормовая брюква.

Концентрированных кормов должно быть не менее 15,4% и не более 21% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 23,4% до 32,4%, в том числе сена – от 14,9% до 24,9%, сочных – от 50% до 57%, в том числе силоса – от 27,2% до 32,6% и сенажа – от 16,6% до 19,3%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 35% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 8,05 кг, перев. протеин – 857 г, каротин – 335 мг.

Вариант № 12

В хозяйстве имеются комбикорм, овёс, сено однолетних трав, сено клеверо-тимофеечное, солома пшеничная, сенаж естественных трав, кормовая свекла, силос подсолнечниковый.

Концентрированных кормов должно быть не менее 15,8% и не более 21,5% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 23,5% до 32,5%, в

том числе сена – от 15,1% до 25%, сочных – от 49,4% до 57,4%, в том числе силоса – от 26,7% до 32% и сенажа – от 16,5% до 19,1%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 30% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 8,3 кг, перев. протеин – 892 г, каротин – 350 мг.

Вариант № 13

В хозяйстве имеются зерноотходы, комбикорм, сено естественных трав, сено вико-овсяное, солома пшеничная, сенаж многолетних трав, силос кукурузный, картофель.

Концентрированных кормов должно быть не менее 15,9% и не более 21,8% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 23,8% до 32,7%, в том числе сена – от 15,4% до 25,2%, сочных – от 49% до 56,5%, в том числе силоса – от 26,4% до 31,5% и сенажа – от 16,3% до 18,9%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 33% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 8,43 кг, перев. протеин – 915 г, каротин – 360 мг.

Вариант № 14

В хозяйстве имеются вика + овёс, комбикорм, сено естественных трав, сено клеверо-тимофеечное, солома ячменная, силос кукурузный, сенаж однолетних трав, картофель,.

Концентрированных кормов должно быть не менее 16,3% и не более 21,9% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 24% до 32,9%, в том числе сена – от 15,5% до 25,1%, сочных – от 48,6% до 56,5%, в том числе силоса – от 26% до 31,3% и сенажа – от 16,2% до 18,8%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 35% грубых кормов,

силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 8,64 кг, перев. протеин – 932 г, каротин – 365 мг.

Вариант № 15

В хозяйстве имеются ячмень, комбикорм, сено вико-овсяное, сено однолетних трав, пшеничная солома, силос подсолнечниковый, сенаж естественных трав, кормовая свекла.

Концентрированных кормов должно быть не менее 16,5% и не более 22,2% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 24,3% до 33,1%, в том числе сена – от 15,8% до 25,5%, сочных – от 48,2% до 56,1%, в том числе силоса – от 25,7% до 31% и сенажа – от 16,1% до 18,7%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 34% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 8,9 кг, перев. протеин – 955 г, каротин – 370 мг.

Вариант № 16

В хозяйстве имеются овёс, комбикорм, сено клеверо-тимофеечное, сено вико-овсяное, солома ячменная, силос кукурузный, сенаж многолетних трав, кормовая брюква.

Концентрированных кормов должно быть не менее 16,8% и не более 22,4% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 24,6% до 33,4%, в том числе сена – от 16% до 25,7%, сочных – от 47,8% до 55,6%, в том числе силоса – от 25,3% до 30,5% и сенажа – от 15,9% до 18,4%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 34% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 9,06 кг, перев. протеин – 978 г, каротин – 380 мг.

Вариант № 17

В хозяйстве имеются зерноотходы, комбикорм, сено естественных трав, сено однолетних трав, солома пшеничная, силос подсолнечниковый, сенаж многолетних трав, картофель.

Концентрированных кормов должно быть не менее 17% и не более 22,5% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 25% до 33,7%, в том числе сена – от 16% до 25,5%, сочных – от 47,4% до 55%, в том числе силоса – от 25% до 30,2% и сенажа – от 15,8% до 18,4%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 35% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 9,25 кг, перев. протеин – 1000 г, каротин – 390 мг.

Вариант № 18

В хозяйстве имеются комбикорм, вика+овёс, сено естественных трав, сено однолетних трав, солома ячменная, силос подсолнечниковый, сенаж однолетних трав, кормовая свекла.

Концентрированных кормов должно быть не менее 17,5% и не более 23% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 25% до 33,5%, в том числе сена – от 16,2% до 26%, сочных – от 47,1% до 54,8%, в том числе силоса – от 24,8% до 30% и сенажа – от 15,8% до 18,3%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 34% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,5.

Суточная потребность: к. ед. – 9,5 кг, перев. протеин – 1024 г, каротин – 400 мг.

Вариант № 19

В хозяйстве имеются ячмень, комбикорм, сено естественных трав, сено клеверо-тимофеечное, пшеничная солома, силос кукурузный, сенаж однолетних трав, кормовая брюква.

Концентрированных кормов должно быть не менее 18% и не более 23,5% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 25,2% до 34%, в том числе сена – от 16,3% до 26%, сочных – от 46,4% до 54,2%, в том числе силоса – от 24,3% до 29,3% и сенажа – от 15,5% до 18%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 33% грубых кормов, силос - не более 55% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,6.

Суточная потребность: к. ед. – 9,84 кг, перев. протеин – 1061 г, каротин – 420 мг.

Вариант № 20

В хозяйстве имеются комбикорм, овёс, сено вико-овсяное, сено клеверотимофеечное, пшеничная солома, силос подсолнечниковый, сенаж естественных трав, кормовая свекла.

Концентрированных кормов должно быть не менее 18,6% и не более 24,3% от общего количества кормовых единиц, грубых – от 25,3% до 34,2%, в том числе сена – от 16,5% до 26,2%, сочных – от 45,9% до 53,5%, в том числе силоса – от 23,7% до 28,8% и сенажа – от 15,3% до 17,9%. Кроме того, солома в рационе может составлять по питательности не более 34% грубых кормов, силос - не более 53% питательности сочных, а отношение сенажа и силоса (по питательности) составляет 1:1,5.

Суточная потребность: к. ед. – 10,18 кг, перев. протеин – 1099 г, каротин – 450 мг.

4.5 Вопросы для самопроверки

1. Как сформулировать постановку задачи оптимизации кормового рациона?
2. Критерии оптимальности задачи оптимизации кормового рациона, их смысл.
3. Математическая (структурная) модель задачи оптимизации кормового рациона.
4. Выделите группы переменных и ограничивающих условий в задаче.

5. Как формулируются ограничения и целевая функция?
6. Какую информацию необходимо собрать для решения задачи?
7. Какие условные обозначения необходимы для записи математической модели?
8. Перечислите показатели оптимального решения, используемые при анализе структуры рациона.

5. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ КОРМОПРОИЗВОДСТВА

5.1 Общая постановка задачи

Успешное развитие животноводства невозможно без прочной кормовой базы. Одним из путей решения этой задачи является внедрение оптимальной структуры кормопроизводства. Источниками поступления кормов в хозяйстве служат: 1) посевы кормовых культур на пашне; 2) естественные кормовые угодья (пастбища и сенокосы); 3) отходы от товарных отраслей растениеводства; 4) покупные корма.

Наиболее правильно с позиций системного подхода задачу оптимизации структуры кормопроизводства решать в комплексе с задачей оптимизации специализации и сочетания отраслей.

Возможность решения задачи оптимизации структуры кормопроизводства возникает при следующих условиях:

- размер животноводческих отраслей фиксируется на определенном уровне, т. е. заданы объемы производства животноводческой продукции;
- размер земельных угодий фиксируется на определенном уровне, т. е. задана площадь пашни, отводимой для производства кормов.

В первом случае необходимо определить размер и структуру посевных площадей кормовых культур, обеспечивающих производство заданного объема животноводческой продукции или заданного поголовья животных при определенной их продуктивности. Во втором случае ограничивающим фактором является площадь земельных угодий, отводимых под производство кормовых культур, определяется структура посевных площадей, позволяющая достигнуть максимального производства кормов заданной структуры. Критерием оптимальности в этом случае является минимум затрат ресурсов различного вида (пашни, материально-денежных средств, трудовых и др.).

Показателями качества решения при второй постановке могут быть: максимальное количество кормов заданной структуры, произведенное на

данной площади пашни; максимальное поголовье животных, обеспеченное кормами с этой площади.

Экономико-математическая модель оптимизации структуры кормопроизводства как в первом, так и во втором случаях может иметь ряд модификаций. Рассмотрим основные из них для первой постановки задачи.

В зависимости от экономической постановки и цели решения задачи в качестве критерия оптимальности могут использоваться:

- минимальное количество пахотных земель, необходимых для производства кормов;
- минимальное количество материально-денежных или трудовых затрат на производство кормов;
- минимальные затраты материально-денежных средств и пахотных земель.

Последний критерий состоит из двух несоизмеримых показателей (площадь пашни и затраты средств) и тем самым предполагает ступенчатую оптимизацию. Первоначально задача решается на один критерий — минимум пашни. Затем площадь пашни, отводимая под кормопроизводство, ограничивается несколько увеличенным размером площади, полученным при решении по первому критерию, и задача решается вторично на другой критерий — минимум материально-денежных затрат.

Следующая группа модификаций модели обусловлена видом и формой увязки заданных объемов потребности животноводства в кормах с их производством:

- увязка растениеводства с животноводством производится через фиксированные нормы кормления животных («жесткий рацион»);
- задается примерная структура кормопроизводства (верхняя и нижняя границы потребности в отдельных группах кормов);
- в модели, вводятся условия по формированию рационов кормления всех или нескольких видов животных; приемы отражения условий по формированию рационов также различаются (метод суммирования

коэффициентов, использование коэффициентов пропорциональности и др.).

Модель значительно модифицируется при учете дополнительных условий и большей детализации:

- включение в модель условий по организации зеленого конвейера;
- формирование рационов кормления животных с подразделением на стойловый и пастбищный периоды и т. д.

Все рассмотренные модификации могут сочетаться между собой и образовывать новые.

5.2 Построение экономико-математической модели

Для разработки экономико-математической задачи необходима следующая исходная информация.

1. Объем производства животноводческой продукции (в соответствии с планом продажи и внутренними потребностями).

2. Общее количество питательных веществ, необходимых для обеспечения производства заданных объемов животноводческой продукции.

3. Допустимые нормы содержания отдельных видов кормов в рационах скота и птицы всех видов. Минимально и максимально допустимые границы изменения структуры кормового баланса по группам кормов (концентрированным, грубым, сочным, корнеплодам, зеленым). Предельные нормы скармливания зеленых кормов в летние месяцы (для разработки зеленого конвейера).

4. Намеченная структура основных товарных отраслей и сопутствующих им отраслей в растениеводстве. Под сопутствующими понимаются сельскохозяйственные культуры, без которых по биологическим и агротехническим условиям не может быть развито производство основных отраслей. Это в первую очередь предшествующие культуры, в числе которых могут быть и кормовые.

5. Количество побочной продукции, которая может быть использована на

корм с гектара посева основной товарной или сопутствующей культуры.

6. Содержание питательных веществ в центнере побочной и сопутствующей продукции, используемой на корм (кормовых единиц, протеина и если это оговорено при постановке задачи, то и других питательных веществ – каротина, фосфора, кальция и т.д.).

7. Площадь естественных кормовых угодий, объем кормов, получаемых с гектара этих угодий, и содержание в этих кормах питательных веществ.

8. Перечень кормовых культур, которые могут возделываться в данном сельскохозяйственном предприятии, их урожайность, а также содержание питательных веществ в расчете на гектар посева.

9. Процент общего количества кормов по группам и видам, выделяемых в страховые фонды (по отношению к физическому весу). В сельскохозяйственных предприятиях, имеющих переходящие страховые фонды, устанавливается процент их пополнения.

10. Виды кормов, которые могут быть приобретены сельскохозяйственным предприятием, содержание питательных веществ в центнере кормов, стоимость центнера покупных кормов, а также данные о затратах труда и средств на их доставку. По покупным кормам, приобретение которых ограничено, устанавливается, сколько их можно приобрести.

11. Потребность скота в подстилке.

12. Различные данные, характеризующие производство и расходование кормов. К примеру, угар зеленой массы, используемой на силос; ограничения по потреблению скотом отдельных кормов; ограничения по максимальному соотношению покупных и собственных кормов; продолжительность стойлового и пастбищного периодов кормления скота и др.

13. Возможность реализации кормов, получаемых в виде побочной продукции основных отраслей, продукции сопутствующих отраслей и продукции с естественных кормовых угодий; цены реализации этих кормов.

14. Химические добавки, добавки макро- и микроэлементов, допускаемые в рационах. Возможность их приобретения, стоимость, предельные нормы

ввода в рацион, коэффициенты замещения ими питательных веществ.

15. Агротехнические и биологические возможности замены сопутствующих сельскохозяйственных культур кормовыми. К примеру, посев яровых товарных культур можно проводить по пропашной культуре, которая введена на предприятии как сопутствующая и представлена, скажем, картофелем. Но если необходимо выращивать в качестве кормовой культуры силосные, высеваемые как пропашные, то картофель может быть замещен ими.

16. Нормы затрат труда и денежно-материальных средств на гектар всех сельскохозяйственных культур (сеяных и естественных). По труду лучше всего представить данные о месячных затратах, в крайнем случае — обо всех затратах и затратах в напряженный период.

17. Общее количество труда и денежно-материальных средств, которые намечено затратить в животноводческих отраслях.

18. Общие производственные ресурсы: пашня, естественные сенокосы и пастбища, трудовые ресурсы, денежно-материальные средства.

Если расчет выполняется для сельскохозяйственного предприятия, где уже произведены посевы озимых культур и многолетних трав, то указывают фактические посевные площади. При этом допускается, что озимая рожь может быть частично использована на зеленый корм с последующим посевом пожнивной культуры, но при условии, что минимальная потребность в товарном зерне будет обеспечена полностью. В том случае, если площади под озимыми ограничены посевом прошлого года, структура возможных товарных культур дается только по яровому посеву.

Возможно, что посевы многолетних трав прошлых лет превышают потребность хозяйства в грубых кормах. Тогда необходимо решить, провести ли их распашку (отнеся затраты прошлых лет на культуру, которая должна занять эту площадь), или произвести сено на продажу, или же предусмотреть другое хозяйственное использование: на силос, зеленый корм, сено.

Основные группы переменных.

1. По растениеводству, га:

Площадь посева зерновых продовольственных культур, площади посева зернофуражных и кормовых культур, при этом некоторые культуры могут быть представлены несколькими переменными в зависимости от сроков использования продукции (однолетние травы на з/к первого и второго сроков посева), площади естественных и культурных угодий с учетом использования конечной продукции (естественные сенокосы на сено, на выпас).

2. По пополнению кормовых ресурсов за счет обмена, покупки, ц.
3. По потребности в кормах.
4. Поголовье животных.

Ограничения

- 1) по поголовью
- 2) по производству и использованию кормов
- 3) моделирование зеленого конвейера
- 4) пополнение кормов за счет приобретения, использования на корм побочной продукции растениеводства
- 5) дополнительные требования к размерам растениеводческих отраслей (площадь многолетних трав посева прошлых лет)
- б) определение потребности в производственных ресурсах для кормопроизводства (пашня, труд, материально-денежные средства).

5.3 Пример решения задачи оптимизации кормопроизводства

Требуется рассчитать оптимальный план кормопроизводства при заданном объеме производства кормов с минимальными материально-денежными затратами на организацию кормовой базы.

Для удовлетворения потребности животноводства в кормах хозяйству в год требуется не менее 137800 ц корм. ед. При этом в рационах предельные нормы скармливания различных групп кормов составляют: концентратов – 25-40%, сочных - 15—48%, корнеклубнеплодов – 3-12%, грубых – 14-30%, зеленых – 18-36%, из них в мае - 1,5-3%, в июне - 4,5-9%, в июле - 4,5-9%, в

августе-4,5- 9%, в сентябре – 3-6%.

Общая потребность в переваримом протеине составляет 15150 ц.

В хозяйстве на корм скоту выращивают кормовые культуры, перечень которых и их экономическая оценка в расчете на 1 га, приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Экономическая оценка кормовых культур

Культуры	Выход, ц		Затраты	
	кормовых единиц	переваримого протеина	труда, чел.- час.	материально-денежные, ден.ед.
А	1	2	3	4
Ячмень: зерно солома	32,25 3,86	2,204 0,128	42,8	173,67
Овес: зерно солома	28,67 3,03	2,293 0,137	33,1	154,41
Картофель	36,54	1,948	338,5	950,25
Кормовые корнеплоды	26,21	1,966	302,4	597,45
Кукуруза на силос	38,22	2,677	96,0	436,80
Силосные	21,84	1,529	68,9	189,00
Однолетние травы на: силос	11,76	1,544	41,1	171,78
зеленый корм	21,00	2,310	30,2	128,31
Многолетние травы на: сено	13,39	1,392	21,8	101,85
сенаж	25,94	3,071	43,7	189,21
силос	17,85	2,205	55,4	143,33
зеленый корм	30,45	3,045	23,5	94,08
Озимая рожь на зеленый корм	14,34	1,680	13,4	180,61
Естественные пастбища	9,45	1,050	—	—
Естественные сенокосы	4,11	0,401	18,5	84,63

Под посев кормовых культур отведено 4390 га пашни. Площадь естественных пастбищ составляет 730 га, естественных сенокосов — 962 га.

Кроме того, для кормления скота может быть приобретено до 18000 ц комбикорма, в 1 ц которого содержится 1,12 ц к. ед. и 0,12 ц переваримого протеина, а стоимость составляет 7 ден.ед. за 1 ц.

Данные о поступлении зеленой массы по месяцам летнего периода показаны в таблице 8.

Таблица 8 - Поступление зеленой массы с 1 га (ц к. ед.)

Культуры	Всего	в том числе в				
		мае	июне	июле	августе	сентябре
А	1	2	3	4	5	6
Однолетние травы	21,00	—	—	21,00	—	—
Многолетние травы	30,45	—	9,14	6,09	7,61	7,61
Озимая рожь	14,34	14,34	—	—	—	—
Естественные пастбища	9,45	0,57	3,46	2,57	1,54	1,21

При разработке модели необходимо учесть, что в структуре кормовых рационов по питательности сенаж в группе грубых должен составлять не менее 60 %, солома — не более 30 %, а картофель в группе корнеклубнеплодов — не более 20 %.

Кроме того, следует учесть, что общие затраты труда на производство кормов не должны превышать 304470 чел.- час.

Определим перечень переменных.

x_1 – площадь ячменя, га;

x_2 – площадь овса, га;

x_3 – площадь картофеля, га;

x_4 – площадь кормовых корнеплодов, га;

x_5 – площадь кукурузы на силос, га;

x_6 – площадь силосных, га;

x_7 – площадь однолетних трав на силос, га;

x_8 – площадь однолетних трав на зеленый корм, га;

x_9 – площадь многолетних трав на сено, га;

x_{10} – площадь многолетних трав на сенаж, га;

x_{11} – площадь многолетних трав на силос, га;

x_{12} – площадь многолетних трав на зеленый корм, га;

x_{13} – площадь озимой ржи на зеленый корм, га;

x_{14} – количество соломы ячменя, ц.к.ед;

x_{15} – количество соломы овса, ц.к.ед;

x_{16} – площадь естественных пастбищ, га;

x_{17} – площадь естественных сенокосов, га;

x_{18} – количество комбикорма, ц;

x_{19} – общая питательность рациона, ц.к.ед.

1. *Условия по площади пашни:*

1) $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 4390$

2. *Условия по площади естественных кормовых угодий:*

2) естественных пастбищ: $x_{16} \leq 730$

3) естественных сенокосов: $x_{17} \leq 962$

3. *Условия по приобретению кормов:*

4) комбикорма: $x_{18} \leq 18000$

4. *Условия по обеспечению животноводства питательными веществами:*

5) кормовыми единицами:

$$32,25x_1 + 28,67x_2 + 36,54x_3 + 26,21x_4 + 38,22x_5 + 21,84x_6 + 11,76x_7 + 21x_8 + \\ + 13,39x_9 + 25,94x_{10} + 17,85x_{11} + 30,45x_{12} + 14,34x_{13} + x_{14} + x_{15} + 9,45x_{16} + \\ + 4,11x_{17} + 1,12x_{18} = x_{19}$$

$$x_{19} \geq 137800$$

б) переваримым протеином:

$$2,332x_1 + 2,43x_2 + 1,948x_3 + 1,966x_4 + 2,677x_5 + 1,529x_6 + 1,544x_7 + 2,31x_8 + \\ + 1,392x_9 + 3,071x_{10} + 2,205x_{11} + 3,045x_{12} + 1,68x_{13} + 1,05x_{16} + 0,401x_{17} + \\ + 0,12x_{18} \geq 15150$$

5 *Условия по обеспечению животноводства отдельными группами кормов:*

7) концентратами не менее: $32,25x_1 + 28,67x_2 + 1,12x_{18} \geq 0,25x_{19}$

8) концентратами не более: $32,25x_1 + 28,67x_2 + 1,12x_{18} \leq 0,4x_{19}$

9) сочными не менее: $38,22x_5 + 21,84x_6 + 11,76x_7 + 17,85x_{11} \geq 0,15x_{19}$

10) сочными не более: $38,22x_5 + 21,84x_6 + 11,76x_7 + 17,85x_{11} \leq 0,48x_{19}$

11) корнеклубнеплодами не менее: $36,54x_3 + 26,21x_4 \geq 0,03x_{19}$

12) корнеклубнеплодами не более: $36,54x_3 + 26,21x_4 \leq 0,12x_{19}$

- 13) грубыми не менее: $13,39x_9 + 25,94x_{10} + x_{14} + x_{15} + 4,11x_{17} \geq 0,14x_{19}$
- 14) грубыми не более: $13,39x_9 + 25,94x_{10} + x_{14} + x_{15} + 4,11x_{17} \leq 0,3x_{19}$
- 15) зелеными не менее: $21x_8 + 30,45x_{12} + 14,34x_{13} + 9,45x_{16} \geq 0,18x_{19}$
- 16) зелеными не более: $21x_8 + 30,45x_{12} + 14,34x_{13} + 9,45x_{16} \leq 0,36x_{19}$
- 6. Условия по организации зеленого конвейера:*
- 17) в мае не менее: $14,34x_{13} + 0,67x_{16} \geq 0,015x_{19}$
- 18) в мае не более: $14,34x_{13} + 0,67x_{16} \leq 0,03x_{19}$
- 19) в июне не менее: $9,14x_{12} + 3,46x_{16} \geq 0,045x_{19}$
- 20) в июне не более: $9,14x_{12} + 3,46x_{16} \leq 0,09x_{19}$
- 21) в июле не менее: $21x_8 + 6,09x_{12} + 2,57x_{16} \geq 0,045x_{19}$
- 22) в июле не более: $21x_8 + 6,09x_{12} + 2,57x_{16} \leq 0,09x_{19}$
- 23) в августе не менее: $7,61x_{12} + 1,54x_{16} \geq 0,045x_{19}$
- 24) в августе не более: $7,61x_{12} + 1,54x_{16} \leq 0,09x_{19}$
- 25) в сентябре не менее: $7,61x_{12} + 1,21x_{16} \geq 0,03x_{19}$
- 26) в сентябре не более: $7,61x_{12} + 1,21x_{16} \leq 0,06x_{19}$
- 7. Условия по соотношению отдельных групп кормов:*
- 27) производство соломы ячменя: $3,86x_1 \geq x_{14}$
- 28) производство соломы овса: $3,03x_2 \geq x_{15}$
- 29) удельный вес сенажа в группе грубых:
 $x_{10} \geq 0,6(x_9 + x_{10} + x_{14} + x_{15} + x_{17})$
- 30) удельный вес соломы в группе грубых:
 $x_{14} + x_{15} \leq 0,3(x_9 + x_{10} + x_{14} + x_{15} + x_{17})$
- 31) удельный вес картофеля в группе корнеклубнеплодов:
 $x_3 \leq 0,2(x_3 + x_4)$
- 8. Условие по производственным ресурсам:*
- 32) по затратам труда:

$$42,8x_1 + 33,1x_2 + 338,5x_3 + 302,4x_4 + 96x_5 + 68,9x_6 + 41,1x_7 + 30,2x_8 + 21,8x_9 + \\ + 43,7x_{10} + 55,4x_{11} + 23,5x_{12} + 13,4x_{13} + 18,5x_{17} \leq 304470$$

9. Условие неотрицательности переменных

$$x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1,19})$$

Целевая функция – минимум материально-денежных затрат на производство и приобретение кормов:

$$Z = 173,67x_1 + 154,41x_2 + 950,25x_3 + 597,45x_4 + 436,8x_5 + 189x_6 + 171,78x_7 + \\ + 128,31x_8 + 101,85x_9 + 189,21x_{10} + 143,33x_{11} + 94,08x_{12} + 180,61x_{13} + 84,63x_{17} + \\ + 7x_{18} \rightarrow \min$$

5.4 Задания самостоятельной работы № 5 по теме: «Оптимизация кормопроизводства»

На предстоящий хозяйственный год хозяйство запланировало производство молока в объеме 36 тыс. ц. Необходимо выбрать такой состав и размеры посева кормовых культур, которые позволили бы полностью обеспечить коров кормами. При этом сумма затрат на их производство должна быть минимальной.

Вся посевная площадь под кормовыми культурами не должна превышать 2500 га, долголетних культурных пастбищ имеется 600 га, естественных сенокосов 500 га.

Кроме кормов собственного производства, в животноводстве используется покупной комбикорм в объеме не более 10 тыс. ц. Стоимость комбикорма – 11 ден. ед./ц.

Зернобобовые в группе концентрированных кормов должны составлять не более 30 % (по питательности).

При формировании оптимальной структуры кормовой базы для дойного стада необходимо обеспечить баланс по кормовым единицам и переваримому протеину (не менее минимальной потребности).

Кормовой рацион должен быть достаточно разнообразным и

соответствовать зоотехническим требованиям (таблица 9).

Таблица 9 - Нормы расхода питательных веществ и зоотехнические допустимые границы содержания отдельных групп и видов кормов в рационе.

Группа скота	Нормы расхода питательных веществ на 1 ц молока		Границы	Допустимые границы содержания групп кормов в годовом рационе (в % к общей потребности, к.ед.)				
	к.ед. ц	переваримый протеин, кг		концентраты	грубые	силос	корнеплоды	зеленые
А	1	2	3	4	5	6	7	8
Дойное стадо	1,16	12,3	Мин. Макс.	19 27	17 25	20 25	2 5	30 35

В таблице 10 отражена питательная ценность каждого вида корма.

Таблица 10 – Питательная ценность кормов

Корма	Содержание в 1 ц	
	к.ед., ц	переваримый протеин, кг
А	1	2
Комбикорм	0,9	11,0
Ячмень	1,21	8,1
Овес	1,0	8,3
Зернобобовые	1,17	19,5
Силос кукурузный	0,16	1,1
Картофель	0,3	1,5
Корнеплоды	0,13	0,9
Травяная мука многолетних трав	0,64	12,0
Травяная мука однолетних трав	0,6	10,0
Зеленый корм многолетних трав	0,17	2,8
Зеленый корм пастбищ	0,17	1,6
Сено однолетних трав	0,47	6,3
Сено многолетних трав	0,49	11,6
Сено сенокосов	0,41	4,3
Солома зерновых культур	0,2	1,4

Урожайность культур представлена по вариантам в таблице 11.

Таблица 11 - Урожайность сельскохозяйственных культур

№ варианта	Урожайность, ц/га												Продуктивность, ц	
	Овес	Пшеница	Ячмень	Зернобобовые	Однолетние травы на сено	Однолетние травы на травяную муку	Многолетние травы на травяную муку	Многолетние травы на сено	Многолетние травы на зеленый корм	Кукуруза на силос	Картофель	Корнеплоды	ДКП	Сенокосы
А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	22	21	23	20	19	15	22	25	90	250	100	90	150	10
2	21	20	23	19	20	14	21	24	88	270	98	100	140	9
3	20	19	22	21	20	13	22	23	91	260	110	110	130	12
4	19	25	24	22	18	12	20	25	90	250	90	120	120	11
5	18	24	25	21	19	11	21	23	91	270	120	130	110	10
6	17	23	22	24	21	10	25	26	95	310	120	140	100	9,5
7	16	24	24	21	18	9	22	24	90	250	100	150	90	10
8	15	27	28	25	20	16	21	25	91	265	89	160	80	12
9	14	25	26	24	21	17	20	22	95	240	100	170	150	8
10	23	24	25	23	18	18	20	26	97	220	85	180	140	9
11	24	25	25	22	19	15	23	26	98	300	120	190	130	12
12	25	24	26	22	20	14	24	27	90	310	140	200	120	13
13	26	20	24	26	20	13	23	25	95	300	150	210	110	12
14	27	21	26	23	17	12	25	27	100	310	140	220	100	12
15	28	24	30	25	21	11	26	30	110	300	130	230	90	13
16	27	25	30	26	20	10	27	32	120	250	110	240	80	12
17	22	31	32	25	20	9	26	30	120	280	130	250	150	14
18	21	30	34	26	22	16	30	32	130	300	120	260	140	15
19	20	30	35	27	24	17	30	34	140	280	130	270	130	13
20	19	28	31	26	20	18	25	30	130	240	140	100	120	12

Производственные затраты кормовых культур, которые могут возделываться в хозяйстве на 1 га приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Производственные затраты зернофуражных и кормовых культур

Кормовые культуры и угодья	Производственные затраты, ден. ед./ц
А	1
Ячмень	85
Овес	87
Зернобобовые	98
Многолетние травы на травяную муку	72
Многолетние травы на сено	70
Многолетние травы на зеленый корм	61
Однолетние травы на сено	68
Однолетние травы на травяную муку	75
Кукуруза на силос	180
Картофель	296
Корнеплоды	320
ДКП	31
Естественные сенокосы	27

Необходимо:

1. Составить числовую модель задачи.
2. Решить задачу на ПЭВМ.
3. Проанализировать полученное решение.

5.5 Вопросы для самопроверки

1. Какие могут быть варианты постановки задачи оптимизации кормопроизводства? В чем отличие модификаций модели от ее основного варианта?
2. Каков состав переменных по растениеводству?
3. От каких хозяйственных условий зависит постановка задачи?
4. Перечислите группы переменных величин и их единицы измерения.
5. Как рассчитать технико-экономические коэффициенты?
6. Каков порядок подготовки исходной информации?
7. С помощью каких ограничений учитывается кормовой баланс?

6. МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ И СОЧЕТАНИЕ ОТРАСЛЕЙ

6.1 Общая постановка задачи

Под *оптимальной специализацией* подразумевается такая структура производства в хозяйстве, такое сочетание отраслей, которое соответствует природным, географическим и экономическим условиям хозяйства и позволяет достигнуть наивысшей эффективности производства.

Постановка такой задачи может иметь два аспекта: аналитический и плановый. Если необходимо проанализировать, насколько правильно в данном хозяйстве определена структура производства, - задача носит аналитический характер. Если же поставлена цель определить оптимальную структуру производства, скажем, на 5 лет вперед - задача носит плановый характер.

Принципиальной разницы в постановке задачи, построении экономико-математической модели и оформлении матрицы, а тем более приемов расчета оптимального варианта структуры производства между этими видами задачи нет. Основное различие в нормативной базе. В первом случае пользуются фактически сложившимися нормативами, во втором — прогнозно-плановыми.

Общая постановка экономико-математической задачи по определению оптимальной структуры сочетания отраслей в хозяйстве на плановый период формулируется так: *исходя из научно обоснованных прогнозно-плановых объемов ресурсов, которые предлагается иметь в хозяйстве на плановый период, и соответствующих нормативов затрат, необходимо определить такую структуру производства, которая бы наилучшим образом учитывала природно-экономическую специфику хозяйства, способствовала наиболее рациональному использованию земли, труда, техники, материально-денежных и других средств производства и позволила хозяйству получить наивысший экономический эффект.*

Рассмотрим важнейшие критерии оптимальности, которые применяются или могут быть применены в задачах такого рода:

- максимум валовой или товарной продукции;

- максимум валовой или товарной продукции, отнесенный на 100 га земель, одного работника и т. п.;
- минимум суммарных трудовых затрат на запланированную структуру и объем продукции;
- минимум суммарных производственных затрат в денежном выражении;
- минимум приведенных затрат;
- максимум прибыли или приведенной прибыли;
- максимальный уровень рентабельности, исчисленной как отношение общей массы прибыли к суммарным производственным (коммерческим) затратам или как отношение общей массы прибыли к сумме основных и оборотных фондов.

Максимум валовой или товарной продукции являются важными для анализа показателями, однако имеют ряд недостатков.

Прежде всего, при применении этих критериев эффективность производства отодвигается на второй план, т.к. при этом не учитывается соотношение затрат на производство и конечных результатов. В структуру производства при этих критериях войдут, прежде всего, те продукты, которые имеют наибольшую стоимостную оценку, тем самым на первый план выдвигаются стоимостные показатели, объем производства. Кроме того, если ориентироваться на максимум валовой продукции, то в оптимальный план будет входить в большом количестве различного рода сопряженная, побочная и промежуточная продукция в ущерб конечной.

Применение минимизирующих критериев способствует лишь снижению затрат на производство, но не стимулирует рост производства. Если же заранее не установить нижние пределы на продукцию, то минимальные затраты будут тогда, когда производства вообще не будет, то есть $(x_1, x_2, \dots, x_n)=0$.

Критерий максимум прибыли лучше отражает существо дела. В этом критерии в основном отражены и учтены те требования, которым должен соответствовать критерий оптимальности подобного класса задач. Здесь и стимулирование роста производства и снижение затрат на него,

стимулирование выхода конечной продукции и роста производительности труда, заинтересованность работника, коллектива и общества в повышении эффективности производства.

Максимальный уровень рентабельности. Этот показатель непосредственно характеризует эффективность производства. Применительно к сельскому хозяйству он рассчитывается как отношение полученной массы прибыли к суммарным производственным или коммерческим затратам.

Однако его применение в задачах линейного программирования затруднено, поскольку он имеет не линейную, а дробно-линейную форму:

$$L = \frac{\sum_{j=1}^n c_j x_j - \sum_{j=1}^n c_j' x_j}{\sum_{j=1}^n c_j' x_j},$$

где L - уровень рентабельности (%);

c_j - цена реализации единицы j -ой продукции (руб.);

c_j' - себестоимость (производственная или коммерческая) единицы j -ой продукции (руб.);

x_j - искомый объем производства продукции j -ого вида.

Поэтому для расчета наиболее обоснованной структуры производства на плановый период необходимо определить такой показатель, который бы по возможности наилучшим образом соответствовал относительным показателям. Таким показателем является *максимальная приведенная прибыль*. Особенностью этого критерия является отражение в нем удельных капитальных вложений, связанных с необходимостью реализации рассчитанного оптимального плана.

Этот показатель, как и уровень рентабельности, концентрирует в себе, два критерия: стремление к максимуму прибыли и к минимуму текущих и удельных капитальных затрат. Показатель приведенной прибыли имеет вид:

$$\Pi = P - (C + E \cdot K),$$

где Π - приведенная прибыль;

P - валовая выручка;

C - текущие затраты;

E - нормативный коэффициент экономической эффективности;

K - капитальные затраты.

Таким образом, в задачах такого рода в настоящее время следует использовать два наиболее предпочтительных критерия: максимальную прибыль или максимальную приведенную прибыль.

6.2 Построение экономико-математической модели

В экономико-математическом смысле под отраслью необходимо понимать такую часть производства, которая отличается от другой хотя бы одним из следующих признаков: видом конечной продукции, направлением использования продукции, сроками созревания и реализации продукции, степенью интенсивности производства продукции, особенностями технологии и организации производства продукции.

В соответствии с перечисленными признаками и конкретными условиями производства площади одной и той же культуры или поголовье вида животных могут быть представлены несколькими переменными, например площади на зерно товарное и фуражное; кукуруза на зерно, силос, зеленый корм; многолетние травы на сено, сенаж, силос, зеленый корм, травяную муку и семена; картофель ранний и поздний; капуста ранняя, средняя и поздняя; поголовье коров при обычной технологии содержания и на промышленной основе и т. д. Таким образом, количество искомых переменных, которое может быть включено в задачу, заранее предсказать нельзя, и зависит от характера поставленной задачи, конкретных условий хозяйства, перспектив его развития, возможностей сбора соответствующей информации и т. д.

Кроме основных переменных, означающих искомые отрасли хозяйства, в задачу могут быть включены вспомогательные переменные, которые позволяют получить в процессе решения задачи дополнительную информацию, не прибегая к дополнительным расчетам, например расчет

потребности в удобрениях и любых других ресурсах, значения которых заранее неизвестны.

Количество ограничений в задаче может быть различным и зависит от характера задачи, специализации хозяйства и многих других факторов.

Возможны следующие группы ограничений:

- по использованию имеющихся производственных ресурсов (суммарные затраты ресурсов не могут превышать их наличия в хозяйстве);

- по ресурсам, производимым и потребляемым в хозяйстве (как правило, это различные корма и органические удобрения). Так, эта группа ограничений позволяет увязать такие отрасли, как растениеводство и животноводство. Смысл этих ограничений заключается в том, что суммарные затраты производственных ресурсов (например, кормов) могут быть не больше их производства плюс покупка, если она предусмотрена хозяйством;

- по соотношению между площадями посевов сельскохозяйственных культур, поголовьем животных и т.д.;

- по производству гарантированного объема продукции;

- по определению расчетных величин.

Для данной модели необходима следующая информация.

1. Перечень переменных. Точно определить его можно лишь после тщательного изучения моделируемого хозяйства и в соответствии с конкретной постановкой задачи.

2. Объемы производственных ресурсов.

3. Нормы затрат производственных ресурсов в расчете на единицу измерения переменной величины (на 1 га, 1 голову скота, 1 ц продукции). Для расчета конкретных норм используют типовые технологические карты, но с последующим перерасчетом для условий данного хозяйства. Нормы затрат кормов и питательных веществ составляются как на основе опыта хозяйства, так и соответствующих справочников с учетом продуктивности животных.

4. Нормы выхода продукции в расчете на 1 га или 1 голову скота. Рассчитываются на основе урожайности и продуктивности животных. При

расчете норм выхода продукции необходимо учитывать создание различных фондов (семенных, страховых и др.), а также всевозможные потери продукции при заготовке, хранении и использовании. Кроме того, необходимо учитывать уровень товарности продукции.

5. Расчет гарантированного объема продукции. Этот объем обычно складывается из двух величин — плана продажи продукции государству и продукции, идущей на внутривоспользование (общественное питание, питание в детских учреждениях и т.д.).

6. Требования к соотношению площадей посева некоторых сельскохозяйственных культур, зависят либо от вводимых севооборотов, либо от некоторых других факторов, определяемых технологией производства.

7. Себестоимость продукции и цены ее реализации. Как правило, рассчитывается на основе технологических карт, но иногда на основе фактической себестоимости с учетом заданий по ее снижению на год планируемого периода.

6.3 Пример решения задачи оптимальной специализации и сочетания отраслей

Требуется определить оптимальную специализацию и сочетание отраслей в сельскохозяйственном предприятии, обеспечивающую получение максимума чистого дохода.

В хозяйстве имеется 3006 га пашни, 245 га естественных сенокосов и 361 га пастбищ. Ресурсы труда составляют 375 тыс. чел.- час.

Основными отраслями являются молочное скотоводство, свиноводство, производство зерна и картофеля. Планируется продать (ц): зерно пшеницы - 12000, зерно ржи - 4000, картофель - 12500, молоко - 21780, мясо - 7120.

В хозяйстве могут возделываться культуры, перечень которых приведен в таблице 13. В ней также приведены данные по урожайности культур, содержанию питательных веществ в единицах корма, затраты на 1 га.

Таблица 13 – Основные показатели по растениеводству

Культуры	Урожайность, ц / га	Содержится в 1 ц		Затраты труда чел.- час./га	Материально-денежные затраты, ден. ед. на 1 га	Стоимость валовой продукции с 1 га, ден.ед.
		ц. к. ед.	протеина, ц			
А	1	2	3	4	5	6
Озимая пшеница:						
зерно	40	-	-	19,4	214,27	326,40
солома	60	0,2	0,008			
Озимая рожь:						
зерно	32	-	-	15,6	226,03	310,48
солома	60	0,22	0,005			
Яровой ячмень:						
зерно	35	1,21	0,081	14,5	171,72	207,80
солома	40	0,36	0,012			
Овес:						
зерно	30	1,00	0,085	12,7	147,22	159,30
солома	40	0,31	0,014			
Картофель	250	0,30	0,016	81,8	781,71	2650,00
Кормовые корнеплоды:				81,3	521,21	1418,00
корни	600	0,12	0,009			
ботва	400	0,09	0,021			
Кукуруза на силос	400	0,20	0,014	28,6	362,09	360,0
Однолетние травы на зеленый корм	200	0,16	0,027	10,3	227,74	192,00
Многолетние травы на:						
зеленый корм	150	0,22	0,019	11,9	120,88	144,00
сено	50	0,50	0,052	14,4	241,47	245,00
силос	150	0,22	0,030	16,1	273,58	144,00
семена	1,6	-	-	8,9	149,23	206,02
Естественные сенокосы	12	0,42	0,048	13,3	130,54	29,76
Естественные пастбища	60	0,22	0,021	-	-	-

Основные данные по животноводству приведены в таблице 14. Причем затраты и выход продукции по крупному рогатому скоту рассчитаны на 1 структурную корову (50 % коров в стаде), а по свиноводству - на 1 сложную свиноматку (12,317 голов).

Таблица 14 - Основные показатели по животноводству (в расчете на структурную корову и сложную свиноматку)

Показатели	Крупный рогатый скот	Свиньи
А	1	2
Выход на голову:		
молока	38,4	-
в том числе реализуется	36,3	-
мяса	3,51	26,0
в том числе реализуется	3,30	25,7
Требуется в год корма, ц:		
кормовых единиц	67,03	209,87
переваримого протеина	6,98	22,4
Потребность в концентратах, ц корм, ед.:		
минимум	7,03	111,44
максимум	23,99	178,81
Потребность в грубых кормах, ц корм, ед.:		
минимум	7,24	-
максимум	14,48	-
Потребность в сочных кормах, ц корм, ед.:		
минимум	12,27	6,30
максимум	39,55	14,69
Потребность в корнеклубнеплодах, ц корм, ед.:		
минимум	1,07	20,99
максимум	8,98	62,96
Потребность в зеленых кормах, ц корм, ед.:		
минимум	12,67	6,30
максимум	25,81	14,69
Потребность в животных кормах, ц корм, ед.:		
минимум	-	7,98
максимум	-	31,06
Затраты труда, чел.-ч	338,5	385,4
Материально-денежные затраты (без стоимости коров), ден.ед.	344,22	540,97
Стоимость валовой продукции, ден.ед.	1319,13	4151,94

При разработке экономико-математической модели необходимо учесть, что:

- 1) в структуре зерновых площадь овса должна составлять не менее 30%;
- 2) отходы, естественные потери кормов и при хранении (%): зерна - 2, грубых - 15, картофеля - 20, силоса - 32;
- 3) нормы высева (посадки) семян с учетом страхового фонда (ц): озимой

пшеницы - 2,7, озимой ржи - 2,4, ячменя - 2,7, овса - 2,5, многолетних трав - 0,25, картофеля - 34;

4) в структуре кормления должно быть: соломы не более 20 %, грубых, кукурузного силоса не более 30 % сочных, зеленого корма однолетних трав не менее 30 % зеленых, кормовых корнеплодов не менее 60 % корнеклубнеплодов.

5) на корм свиньям мясокостная мука покупается в пределах полной потребности, в 1 ц которой содержится 0,89 ц. к. ед.; 0,377 ц переваримого протеина, цена 1 ц - 26 ден. ед.

Определим перечень переменных:

x_1 – площадь озимой пшеницы, га;

x_2 – площадь озимой ржи, га;

x_3 – площадь ячменя ярового, га;

x_4 – площадь овса, га;

x_5 – площадь картофеля, га;

x_6 – площадь корнеплодов, га;

x_7 – площадь кукурузы на силос, га;

x_8 – площадь однолетних трав на зеленый корм, га;

x_9 – площадь многолетних трав на зеленый корм, га;

x_{10} – площадь многолетних трав на сено, га;

x_{11} – площадь многолетних трав на силос, га;

x_{12} – площадь многолетних трав на семена, га;

x_{13} – площадь естественных сенокосов, га;

x_{14} – площадь естественных пастбищ, га;

x_{15} – количество КРС, гол.;

x_{16} – количество свиней, гол.;

x_{17} – количество соломы, ц;

x_{18} – количество мясокостной муки, ц;

x_{19} – материально-денежные затраты, ден. ед.;

x_{20} – стоимость валовой продукции, ден. ед.;

x_{21} – количество кормовых единиц , ц. к. ед.

Подготовим необходимые для составления модели исходные данные (таблица 15).

Таблица 15 - Распределение продукции растениеводства и выход питательных веществ с 1 га посева кормовых культур

Культуры	Урожайность, ц / га	Отходы, потери, ц	Потребность в семенах , ц	Используется, ц		Выход с 1 га	
				на продажу	на корм	ц. к. ед.	протеина, ц
А	1	2	3	4	5	6	7
Озимая пшеница:							
зерно	40	0,8	2,7	36,5	-	10,2	0,408
солома	60	9	-	-	51	-	-
Озимая рожь:							
зерно	32	0,64	2,4	28,96	-	-	-
солома	60	9	-	-	51	11,22	0,255
Яровой ячмень:							
зерно	35	0,7	2,7		31,6	38,24	2,56
солома	40	6	-		34	12,24	0,408
Овес:							
зерно	30	0,6	2,5		26,9	26,9	2,29
солома	40	6	-		34	10,54	0,48
Картофель	250	50	34	166	50	15	0,8
Кормовые корнеплоды:							
корни	600	-			600	72	5,4
ботва	400	-			400	36	8,4
Кукуруза на силос	400	128			272	54,4	3,81
Однолетние травы на зеленый корм	200	-			200	32	5,4
Многолетние травы на:							
зеленый корм	150	-			150	33	2,85
сено	50	7,5			42,5	21,25	2,21
силос	150	48			102	22,44	3,06
семена	1,6	-	0,25		-	-	-
Естественные сенокосы	12	1,8			10,2	4,28	0,49
Естественные пастбища	50	-			50	11	1,05

1. Условия по производственным ресурсам:

1) по площади пашни:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} \leq 3006$$

2) по площади естественных сенокосов: $x_{13} \leq 245$

3) по площади естественных пастбищ: $x_{14} \leq 361$

4) по трудовым ресурсам:

$$19,4x_1 + 15,6x_2 + 14,5x_3 + 12,7x_4 + 81,8x_5 + 81,3x_6 + 28,6x_7 + 10,3x_8 + 11,9x_9 + \\ + 14,4x_{10} + 16,1x_{11} + 8,9x_{12} + 13,3x_{13} + 338,5x_{15} + 385,4x_{16} \leq 375000$$

2. Условия по обеспечению животноводства питательными веществами:

5) кормовыми единицами:

$$38,24x_3 + 26,9x_4 + x_{17} + 15x_5 + 108x_6 + 54,4x_7 + 32x_8 + 33x_9 + 21,25x_{10} + 22,44x_{11} + \\ + 42,8x_{13} + 11x_{14} + 0,89x_{18} = x_{21}$$

6) $x_{21} \geq 67,03x_{15} + 209,87x_{16}$

7) переваримым протеином:

$$0,408x_1 + 0,255x_2 + 2,97x_3 + 2,77x_4 + 0,8x_5 + 13,8x_6 + 3,81x_7 + 5,4x_8 + 2,85x_9 + \\ + 2,21x_{10} + 3,06x_{11} + 0,49x_{13} + 1,05x_{14} + 0,377x_{18} \geq 6,98x_{15} + 22,4x_{16}$$

3. Условия по обеспечению животноводства отдельными группами кормов:

8) концентратами не менее: $38,24x_3 + 26,9x_4 \geq 7,03x_{15} + 111,44x_{16}$

9) концентратами не более: $38,24x_3 + 26,9x_4 \leq 23,99x_{15} + 178,81x_{16}$

10) грубыми не менее: $x_{17} + 21,25x_{10} + 4,28x_{13} \geq 7,24x_{15}$

11) грубыми не более: $x_{17} + 21,25x_{10} + 4,28x_{13} \leq 14,48x_{15}$

12) сочными не менее: $54,44x_7 + 22,44x_{11} \geq 12,27x_{15} + 6,3x_{16}$

13) сочными не более: $54,44x_7 + 22,44x_{11} \leq 39,55x_{15} + 14,69x_{16}$

14) корнеклубнеплодами не менее: $15x_5 + 72x_6 \geq 1,07x_{15} + 20,99x_{16}$

15) корнеклубнеплодами не более: $15x_5 + 72x_6 \leq 8,98x_{15} + 62,96x_{16}$

16) зелеными не менее: $36x_6 + 32x_8 + 33x_9 + 11x_{14} \geq 12,67x_{15} + 6,3x_{16}$

17) зелеными не более: $36x_6 + 32x_8 + 33x_9 + 11x_{14} \leq 25,81x_{15} + 14,69x_{16}$

18) животными не менее: $0,89x_{18} \geq 7,98x_{16}$

19) животными не более: $0,89x_{18} \leq 31,06x_{16}$

4. Условия по соотношению отдельных групп кормов:

19) производство соломы: $10,2x_1 + 11,22x_2 + 12,24x_3 + 10,54x_4 = x_{17}$

20) удельный вес соломы в грубых не более 20 %:

$$x_{17} \leq 0,2 \cdot (x_{17} + 21,25x_{10} + 4,28x_{13})$$

21) удельный вес кукурузного силоса в сочных не более 30 %:

$$54,44x_7 \leq 0,3 \cdot (54,4x_7 + 22,44x_{11})$$

22) удельный вес зеленого корма однолетних трав в зеленых не менее 30 %:

$$32x_8 \geq 0,3 \cdot (36x_6 + 32x_8 + 33x_9 + 11x_{14})$$

23) удельный вес кормовых корнеплодов в корнеклубнеплодах не менее 60%:

$$72x_6 \geq 0,6 \cdot (15x_5 + 72x_6)$$

5. Условия по структуре посева сельскохозяйственных культур:

24) удельный вес овса в структуре зерновых не менее 30 %:

$$x_4 \geq 0,3 \cdot (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)$$

6. Условия по гарантированному производству товарной продукции:

25) зерна пшеницы: $36,5x_1 \geq 12000$

26) зерна ржи: $28,96x_2 \geq 4000$

27) картофеля: $166x_{15} \geq 12500$

28) молока: $36,3x_{15} \geq 21780$

29) мяса: $3,3x_{15} + 25,7x_{16} \geq 7120$

7. Условие суммирования производственных затрат:

30) материально-денежные затраты:

$$214,27x_1 + 226,03x_2 + 171,72x_3 + 147,22x_4 + 781,71x_5 + 521,21x_6 + 362,09x_7 + \\ + 227,74x_8 + 120,88x_9 + 241,47x_{10} + 273,58x_{11} + 149,23x_{12} + 130,54x_{13} + 344,22x_{15} + \\ + 540,97x_{16} + 26x_{18} = x_{19}$$

8. Условие суммирования валовой продукции:

31) стоимость валовой продукции

$$326,4x_1 + 310,48x_2 + 207,8x_3 + 159,3x_4 + 2650x_5 + 1418x_6 + 360x_7 + 192x_8 + \\ + 144x_9 + 245x_{10} + 144x_{11} + 206,02x_{12} + 29,76x_{13} + 1319,13x_{15} + 4151,94x_{16} = x_{20}$$

9. Условие неотрицательности переменных: $x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1, 21})$

Целевая функция — максимум чистого дохода: $Z = x_{20} - x_{19} \rightarrow \max$

6.4 Задания самостоятельной работы № 6 по теме: «Определение оптимальной производственной структуры»

Хозяйство располагает следующими производственными возможностями:

- всего трудовых ресурсов - 1150 тыс. чел.-час, в т.ч. в напряженный период 220 тыс. чел.-час,
- посевная площадь - 14 тыс. га,
- естественные сенокосы - 2 тыс. га,
- естественные пастбища - 1,6 тыс. га,
- затраты труда на 1 голову - 57 чел.-час, в том числе в напряженный период - 7 чел.-час.

Имеется лимит средств на покупку комбикорма в размере 15 тыс. ден. ед., стоимость комбикорма - 11 ден. ед./ц.

В хозяйстве развито производство товарного зерна и откорм молодняка КРС. Установлены следующие плановые задания по продаже продукции: пшеница - 40 тыс. ц, мясо КРС - 8500 ц. Средняя цена реализации пшеницы - 11,6 ден.ед./ц, живой массы КРС - 155 ден.ед./ц.

Для откорма молодняка предлагается следующая структура годового рациона (в % к общей потребности, к.ед.): концентраты - 15; силос - 25; грубые - 30, в том числе сено - 14; корнеклубнеплоды - 2; зеленые корма - 28.

Согласно требованиям принятого севооборота, зерновые составляют не более 60% общей посевной площади, площадь многолетних трав - не более 700 га. Перечень возделываемых культур в растениеводстве и затраты труда на 1 га даны в таблице 16.

Задачу сформулировать по критерию стоимости товарной продукции.

Питательная ценность кормов приведена в таблице 17, урожайность культур, продуктивность скота и потребность его в кормах в таблице 18.

Таблица 16 - Затраты труда на возделывание культур и норма высева семян

Культуры и угодья	норма высева семян, ц	затраты труда на 1 га, чел.-час.	
		всего	в напряженный период
А	1	2	3
Пшеница	2,0	13,2	4,0
Овес	2,0	12,5	3,5
Ячмень	2,1	12,8	3,5
Зернобобовые	2,5	13,0	4,2
Однолетние травы на сено	18 / 2,4*	9,0	0,3
Однолетние травы на травяную муку	18 / 2,4*	9,5	-
Многолетние травы на травяную муку	1,2 / 0,14*	8,0	-
Многолетние травы на сено	1,2 / 0,14*	10,0	-
Многолетние травы на зеленый корм	1,2 / 0,14*	7,0	0,2
Кукуруза на силос		25,0	5,3
Картофель	25,0	240,0	105,0
Корнеплоды		260,0	110,0
Пастбища		0,3	-
Естественные сенокосы		3,0	-

* - в числителе указана урожайность трав на семена, в знаменателе - норма высева.

Таблица 17 - Содержание питательных веществ в кормах

Корма	Содержание в 1 ц	
	к.ед., ц	переваримый протеин, кг
А	1	2
Комбикорм	0,9	11,0
Ячмень	1,21	8,1
Овес	1,0	8,3
Зернобобовые	1,17	19,5
Силос кукурузный	0,16	1,1
Картофель	0,3	1,5
Корнеплоды	0,13	0,9
Травяная мука многолетних трав	0,64	12,0
Травяная мука однолетних трав	0,6	10,0
Зеленый корм многолетних трав	0,17	2,8
Зеленый корм пастбищ	0,17	1,6
Сено однолетних трав	0,47	6,3
Сено многолетних трав	0,49	11,6
Сено естественных сенокосов	0,41	4,3
Солома зерновых культур	0,2	1,4

Таблица 18 - Урожайность культур

№ варианта	Урожайность, ц/га												Продук- тивность		Прирост живой массы	Требуется для 1 головы	
	Овес	Пшеница	Ячмень	Зернобобовые	Однолетние травы на сено	Однолетние травы на травяную муку	Многолетние травы на травяную муку	Многолетние травы на сено	Многолетние травы на зеленый корм	Кукуруза на силос	Картофель	Корнеплоды	Пастбища	Сенокосы		К. ед., ц	Переваримый протеин, кг
А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	22	21	23	20	19	15	22	25	90	250	100	90	41	10	1,5	12,0	126
2	21	20	23	19	20	14	21	24	88	270	98	100	40	9	1,4	11,0	123
3	20	19	22	21	20	13	22	23	91	260	110	110	44	12	1,3	10,0	120
4	19	25	24	22	18	12	20	25	90	250	90	120	38	11	1,2	9,8	117
5	18	24	25	21	19	11	21	23	91	270	120	130	42	10	1,6	13,0	130
6	17	23	22	24	21	10	25	26	95	310	120	140	50	9,5	1,7	14,5	135
7	16	24	24	21	18	9	22	24	90	250	100	150	42	10	1,8	15,6	138
8	15	27	28	25	20	16	21	25	91	265	89	160	40	12	1,9	16,1	140
9	14	25	26	24	21	17	20	22	95	240	100	170	35	8	2,0	16,4	145
10	23	24	25	23	18	18	20	26	97	220	85	180	38	9	2,1	17,1	149
11	24	25	25	22	19	15	23	26	98	300	120	190	45	12	2,2	17,3	151
12	25	24	26	22	20	14	24	27	90	310	140	200	40	13	2,3	17,8	156
13	26	20	24	26	20	13	23	25	95	300	150	210	40	12	2,2	17,4	152
14	27	21	26	23	17	12	25	27	100	310	140	220	35	12	2,1	17,2	148
15	28	24	30	25	21	11	26	30	110	300	130	230	40	13	2,0	16,3	144
16	27	25	30	26	20	10	27	32	120	250	110	240	40	12	1,9	16,0	141
17	22	31	32	25	10	9	26	30	120	280	130	250	38	14	1,8	15,5	139
18	21	30	34	26	22	16	30	32	130	300	120	260	45	15	1,7	14,5	136
19	20	30	35	27	24	17	30	34	140	280	130	270	39	13	1,6	13,1	132
20	19	28	31	26	20	18	25	30	130	240	140	100	41	12	1,2	9,7	118

Необходимо:

1. Составить числовую модель задачи.
2. Решить задачу на ПЭВМ.
3. Проанализировать полученное решение.

6.5 Вопросы для самопроверки

1. Постановка задачи оптимизации производственной структуры сельскохозяйственных предприятий.
2. Система переменных и ограничений задачи оптимизации производственной структуры сельскохозяйственных предприятий.
3. Математическая (структурная) модель задачи оптимизации производственной структуры с.-х. предприятий.
4. Схема числовой (развернутой) модели задачи оптимизации производственной структуры с.-х. предприятий.
5. Какие показатели могут быть использованы в качестве критерия оптимальности?
6. Какие виды исходной информации необходимы для разработки модели?

7. ПЛАНИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

7.1 Общая постановка задачи

Для осуществления комплексной механизации производства необходимо определить оптимальный состав МТП, т.е. установить соотношение между отдельными типами и марками тракторов и с.-х. машин, которое обеспечивало бы выполнение заданного объема работ в установленные агротехнические сроки с наименьшими затратами.

В качестве критериев оптимальности используют: 1) минимум приведенных затрат на выполнение заданного объема работ; 2) минимум текущих затрат; 3) минимум капитальных вложений на приобретение тракторов и сельскохозяйственной техники; 4) минимум энергомашин; 5) минимум расхода топлива и др.

В одних и тех же экономических условиях, выраженных в ограничениях задачи, при использовании различных критериев будут получены различные варианты состава машинно-тракторного парка. Например, критерий «минимум текущих затрат» не учитывает эффективности капитальных вложений и при его использовании для выполнения необходимого объема работ потребуется больше капитальных вложений и больше техники. Критерий «минимум капитальных вложений» не учитывает прямых, текущих затрат на выполнение работ, и последние значительно возрастают по сравнению с вариантом, рассчитанным по критерию «минимум текущих затрат». Примерно такие же результаты получают при использовании критерия «минимум энергомашин» — увеличиваются текущие затраты на выполнение работ.

Экономически наиболее обоснованным является критерий «минимум приведенных затрат на выполнение работ и приобретение техники». Приведенные затраты (S) представляют собой сумму текущих затрат на содержание и эксплуатацию машинно-тракторного парка и его балансовой стоимости, умноженной на нормативный коэффициент эффективности:

$$S = C + E \cdot K,$$

где C - текущие эксплуатационные затраты;

K - затраты на приобретение данного вида техники (балансовая стоимость);

E - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Нормативный коэффициент эффективности является величиной, обратной нормативному периоду окупаемости.

Для конкретного сельскохозяйственного предприятия могут быть решены следующие задачи.

1. Определение оптимального состава машинно-тракторного парка для вновь организуемого хозяйства или подразделения (оптимальное комплектование парка). Для уже существующих хозяйств эта задача решается, как правило, на далекую перспективу, превышающую срок службы имеющейся техники.

2. Определение оптимального состава машинно-тракторного парка при условии, что в хозяйстве имеется некоторый набор тракторов и машин (оптимальное доукомплектование парка при заданном объеме работ и наличии средств на приобретение новой техники). Задача решается чаще всего на текущий период или на 3—5 лет. Возможно списание некоторых машин, по которым затраты на содержание и эксплуатацию выше эффекта от использования.

3. Определение плана наилучшего использования имеющегося в хозяйстве парка путем оптимального распределения заданных работ между тракторными агрегатами. Эта задача решается на текущий период. Ставится условие, что хозяйство не имеет возможности купить новую технику. Может быть предусмотрено списание устаревших машин.

7.2 Построение экономико-математической модели

В задаче по оптимальному комплектованию машинно-тракторного парка две группы переменных:

1) число агрегатов, выполняющих технологические операции в определенный расчетный период;

2) число приобретаемых тракторов и сельскохозяйственных машин.

В модели по оптимальному доукомплектованию парка дополнительно может быть предусмотрена группа переменных, обозначающих число выбывающих (списываемых) тракторов и машин.

В задаче по оптимальному использованию имеющегося машинно-тракторного парка отсутствуют переменные по приобретению новой техники, но могут вводиться переменные по выбывающим машинам.

Система ограничений. Во всех моделях две или три группы ограничений:

– по обязательному выполнению работ в расчётные периоды;

– балансу использования тракторного парка (число тракторов и сельскохозяйственных машин каждой марки должно обеспечивать выполнение всех видов работ во все периоды);

– выполнению технологически связанных между собой работ в определенной последовательности.

Технико-экономическими коэффициентами в первой группе ограничений по группе переменных, обозначающих число агрегатов, являются показатели их производительности на каждой работе в каждом периоде. Константы в этих ограничениях обозначают объемы выполняемых работ.

Технико-экономическими коэффициентами во второй группе ограничений по переменным, обозначающим число агрегатов, являются целые числа, показывающие наличие сельскохозяйственных машин в агрегате (чаще всего коэффициенты равны 1, поскольку с одним трактором, как правило, работает одна машина). По переменным, обозначающим количество покупаемых тракторов и машин, ставится коэффициент -1, а по выбываемым маркам +1. Константами во второй группе ограничений в задаче по оптимальному комплектованию парка являются нули (поскольку никакого парка нет), а в задаче по доукомплектованию и использованию машинно-тракторного парка — наличие тракторов по учитываемым маркам.

В качестве источников исходной информации для построения модели выступают:

1. Продолжительность периодов выполнения работ.
2. Объем работ, необходимый для выполнения в каждый период.
3. Марки тракторов и с.-х. машин, которые используются при различных работах.
4. Количество часов работы агрегата с учетом коэффициентов погодности, технической готовности, склонности.
5. Производительность агрегатов в течение выделенного периода.
6. Постоянные затраты в расчете на 1 трактор и 1 машину.
7. Переменные затраты в расчете на 1 час работы каждого агрегата.

Коэффициенты матрицы рассчитываются на основе технологических карт, в которых должны быть учтены агротехнические рекомендации по возделыванию с.-х. культур.

Для каждой культуры следует определить наилучшие агротехнические сроки выполнения всех операций и необходимо составить календарный план.

Исходя из наилучшего агрегатирования, необходимо установить перечень агрегатов по всем технологическим операциям.

Весь период планирования (например, год) разбивают на ряд временных интервалов, называемых расчетными периодами. Для этого на основе объемов работ, сроков и продолжительности их выполнения составляют график. По горизонтали записывают агротехнические сроки, по вертикали — наименование технологических операций. Расчетные периоды определяют делением числа дней сельскохозяйственного года на число дней отдельных периодов.

Расчетные периоды можно выбирать как одинаковой продолжительности (скажем, по 2, 5 и т. д. дней), так и различной. Их границы определяют с таким расчетом, чтобы интервал между началом и концом какой-либо работы не оказывался меньше продолжительности всего периода. Необходимо, чтобы число периодов было по возможности небольшим, поскольку оно определяет

размеры модели.

Для сокращения размеров модели число расчетных периодов уменьшают, сдвигая сроки начала и окончания работ так, чтобы это не оказало влияния на качество их выполнения и не привело к снижению урожайности.

7.3 Пример решения задачи оптимального состава МТП

Требуется рассчитать оптимальный состав МТП при минимальных приведенных затратах. Исходная информация приведена в таблице 19.

Таблица 19 – Исходные данные

Виды работ	Объем работ (га, т.)	Марка трактора	Марка с.-х. машины	Производительность агрегата, га	Прямые затраты, ден. ед.
А	1	2	3	4	5
Боронование	1380 га	Т-150К	24-БЗСС	319,3	134,48
		ДТ-75	18-БЗСС	230,5	132,08
Погрузка минеральных удобрений	249,7 т.	ДТ-75	ПФБ	1848 ц	121,97
		МТЗ-80	ПЭ	1008 ц	124,99
Внесение минеральных удобрений	690 га	Т-150К	РУМ-8	261,1	498,44
		МТЗ-80	РУМ-5	249,6	198,93

Кроме того, известна стоимость тракторов и машин: тракторов Т-150К - 6500 ден.ед., ДТ-75 - 3230 ден.ед., МТЗ-80 - 3900 ден.ед.; бороны БЗСС – 7,5; погрузчики ПФБ - 579 ден.ед., ПЭ - 1550 ден.ед.; разбрасыватели минеральных удобрений РУМ-8 - 4500 ден.ед., РУМ-5 - 1500 ден.ед.

Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений 0,2.

Пусть x_1 – количество агрегатов вида Т-150К + 24-БЗСС

x_2 - количество агрегатов вида ДТ-75 + 18-БЗСС

x_3 - количество агрегатов вида ДТ-75 + ПФБ

x_4 - количество агрегатов вида МТЗ-80 + ПЭ

x_5 - количество агрегатов вида Т-150К + РУМ-8

x_6 - количество агрегатов вида МТЗ-80 + РУМ-5

x_7 - количество тракторов Т-150К

x_8 - количество тракторов ДТ-75

x_9 - количество тракторов МТЗ-80

x_{10} - количество борон БЗСС

x_{11} - количество погрузчиков ПФБ

x_{12} - количество погрузчиков ПЭ

x_{13} - количество разбрасывателей РУМ-8

x_{14} - количество разбрасывателей РУМ-5

1. Условия по выполнению заданных объемов работ:

1) боронование $319,3x_1 + 230,5x_2 \geq 1380$

2) погрузка мин. удобрений $184,8x_3 + 100,8x_4 \geq 249,7$

3) внесение мин. удобрений $261,1x_5 + 249,6x_6 \geq 690$

2. Условия по потребности в тракторах (машинах):

4) Т-150К $x_1 + x_5 \leq x_7$

5) ДТ-75 $x_2 + x_3 \leq x_8$

6) МТЗ-80 $x_4 + x_6 \leq x_9$

7) БЗСС $24x_1 + 18x_2 \leq x_{10}$

8) ПФБ $x_3 \leq x_{11}$

9) ПЭ $x_4 \leq x_{12}$

10) РУМ-8 $x_5 \leq x_{13}$

11) РУМ-5 $x_6 \leq x_{14}$

3. Условие неотрицательности переменных

$$x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1, 14})$$

Целевая функция – минимум приведенных затрат:

$$Z = 134,48x_1 + 132,08x_2 + 121,97x_3 + 124,99x_4 + 498,44x_5 + 198,93x_6 + 0,2 \cdot (6500x_7 + 3230x_8 + 3900x_9 + 7,5x_{10} + 579x_{11} + 1550x_{12} + 4500x_{13} + 1500x_{14}) \rightarrow \min$$

7.4 Задания самостоятельной работы № 7 по теме: «Оптимальное использование машинно-тракторного парка»

Составить оптимальный план выполнения работ по выращиванию кукурузы на силос. В таблице 20 приведены перечень технологических операций и их характеристика.

Таблица 20 - Календарные сроки выполнения сеноуборочных работ

Работы	Сроки выполнения	Коэффициент погодных условий
А	1	2
Ранневесеннее боронование	20.04-05.05	0,64
Прикатывание до посева	01.05-05.05	0,7
Посев кукурузы на силос	18.05-23.05	0,82
Прикатывание после посева	19.05 -24.05	0,8
Междурядная обработка	27.06-30.06	0,78
Уборка кукурузы (зелёная масса)	10.08-20.08	0,7
Транспортировка зелёной массы	10.08-20.08	0,7
Загрузка и трамбовка зелёной массы	10.08-20.08	0,7

Посевная площадь и урожайность кукурузы даны по вариантам в таблице 21.

Таблица 21 - Посевные площади и урожайность культур

Показатели	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Посевная площадь, га	500	550	600	500	550	600	580	450	540	510
Урожайность, ц	250	220	200	270	250	240	280	300	240	210

Окончание таблицы 21

Показатели	Вариант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Посевная площадь, га	490	600	510	530	540	480	610	570	580	590
Урожайность, ц	270	220	200	240	250	200	300	240	270	280

Выполнение всех работ может быть осуществлено набором машин, приведённым в таблице 22.

Таблица 22 - Наличие сеноуборочной техники

Наименование машин	Марка	Наличие
А	1	2
Трактор	Т-150К	4
Трактор	ДТ-75М	5
Трактор	МТЗ-80	7
Борона	БЗТС -1,0	72
Каток	ЗККШ-6	15
Сеялка	СУПН-8	3
Комбайн	КСК-100	2
Комбайн силосный	КСС-2,6	2
Культиватор - растениепитатель	КРН-5,6	6
Тележка	2ПТС-4	5
Автомобиль	ГАЗ-53А	4

Из указанного набора машин можно составить агрегаты, характеристики которых даны в таблице 23.

Таблица 23 - Техничко-экономическая характеристика агрегатов

Работы	Состав агрегата			Норма выработки за смену (га)	Эксплуатационные затраты на 1 га (на 1 ц), ден.ед.
	Марка трактора	Марка машины	Кол-во в агрегате		
А	1	2	3	4	5
Ранневесеннее боронование	Т-150К	БЗСС-1,0	24	47	1
	ДТ-75М	БЗСС-1,0	24	50,4	0,7
Прикатывание до и после посева	ДТ-75М	ЗККШ-6	3	50,8	0,8
Междурядная обработка	МТЗ-80	КРН-5,6	1	19,4	1,5
Посев кукурузы на силос	МТЗ-80	СУПН-8	1	17	2,3
Уборка кукурузы	Т-150К	КСС-2,6	1	8,8	7,6
	КСК-100		-	11,06	3,6
Транспортировка	МТЗ-80	2ПТС-4	1	16,4	1,6
	ГАЗ-53А		-	16,3	1,2
Разгрузка и трамбовка	ДТ-75М	-	-	320	0,2

В качестве критерия оптимальности принять сумму прямых затрат на

выполнение работ.

Необходимо:

4. Составить числовую модель задачи.
5. Решить задачу на ПЭВМ.
6. Проанализировать полученное решение.

7.5 Вопросы для самопроверки

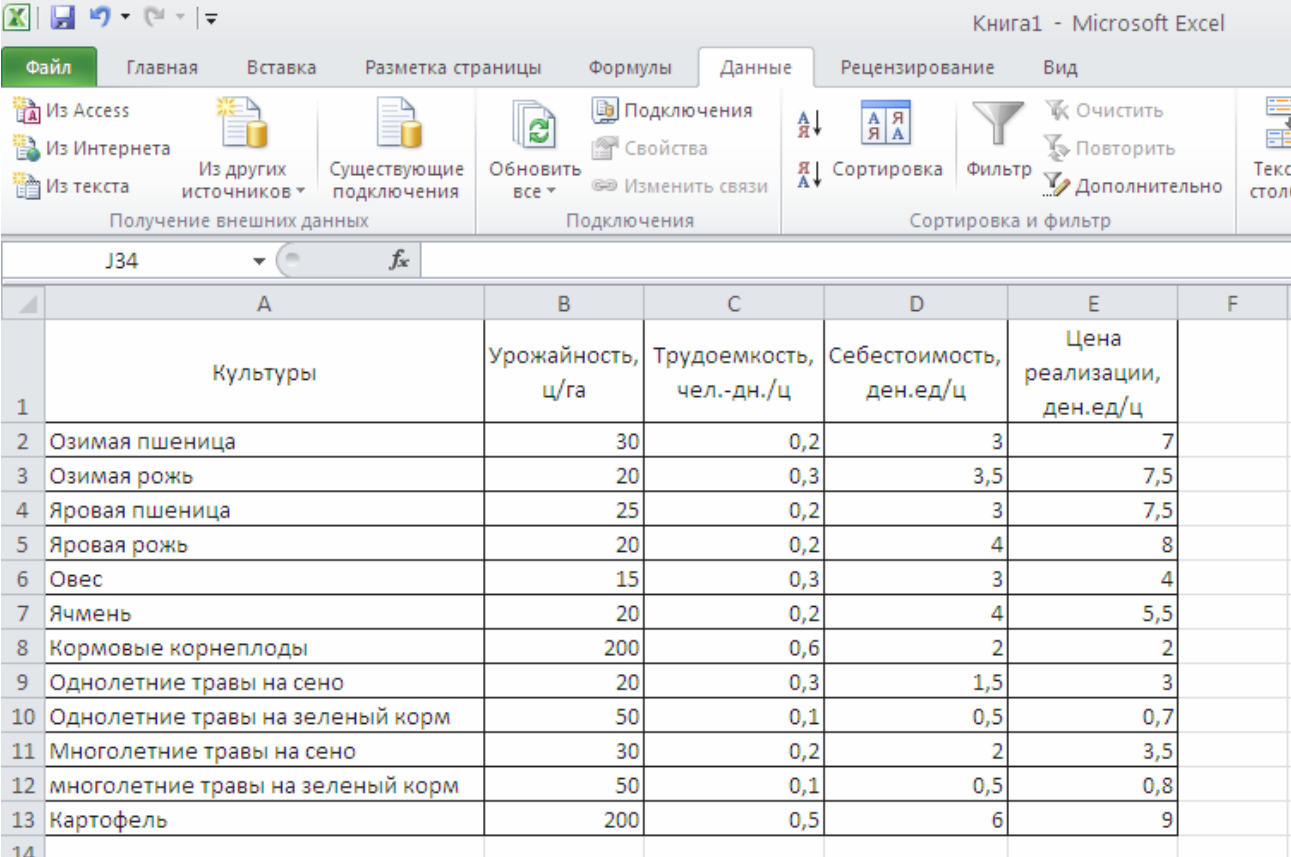
1. В чем суть постановки задачи оптимизации состава машинно-тракторного парка в хозяйстве?
2. Варианты постановки задачи оптимизации машинно-тракторного парка.
3. Критерии оптимальности задачи оптимизации структуры и использования машинно - тракторного парка.
4. В чем особенность записи целевой функции по критерию минимума приведенных затрат?
5. Как формулируется задача оптимального использования машинно-тракторного парка в напряженные агротехнические периоды?
6. Система переменных и ограничений задачи оптимизации структуры машинно-тракторного парка.
7. Схема матрицы модели задачи оптимизации структуры машинно-тракторного парка.
8. Охарактеризуйте исходную информацию для задачи.
9. Какие основные и дополнительные ограничения отражаются в задаче?

8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЯ «ПОИСК РЕШЕНИЯ» ПРОГРАММЫ MICROSOFT EXCEL ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ

Программа MS Excel содержит модуль «Поиск решения», позволяющий осуществлять поиск оптимальных решений, в том числе *решение* задач линейного, целочисленного, нелинейного и стохастического программирования.

Поскольку задача решается с помощью программы MS Excel, то и подготовку всей исходной информации для построения модели целесообразно осуществлять также с использованием программы. Это облегчает не только расчеты технико-экономических коэффициентов и других данных, но и дает в дальнейшем возможность автоматического обновления информации в экономико-математической модели.

Рассмотрим применение этого модуля на примере решения задачи «Оптимизации структуры посевных площадей», рассмотренной в параграфе 3.3. На рисунке 1 представлена исходная информация задачи.



	А	В	С	Д	Е	Ф
1	Культуры	Урожайность, ц/га	Трудоемкость, чел.-дн./ц	Себестоимость, ден.ед/ц	Цена реализации, ден.ед/ц	
2	Озимая пшеница	30	0,2	3	7	
3	Озимая рожь	20	0,3	3,5	7,5	
4	Яровая пшеница	25	0,2	3	7,5	
5	Яровая рожь	20	0,2	4	8	
6	Овес	15	0,3	3	4	
7	Ячмень	20	0,2	4	5,5	
8	Кормовые корнеплоды	200	0,6	2	2	
9	Однолетние травы на сено	20	0,3	1,5	3	
10	Однолетние травы на зеленый корм	50	0,1	0,5	0,7	
11	Многолетние травы на сено	30	0,2	2	3,5	
12	многолетние травы на зеленый корм	50	0,1	0,5	0,8	
13	Картофель	200	0,5	6	9	
14						

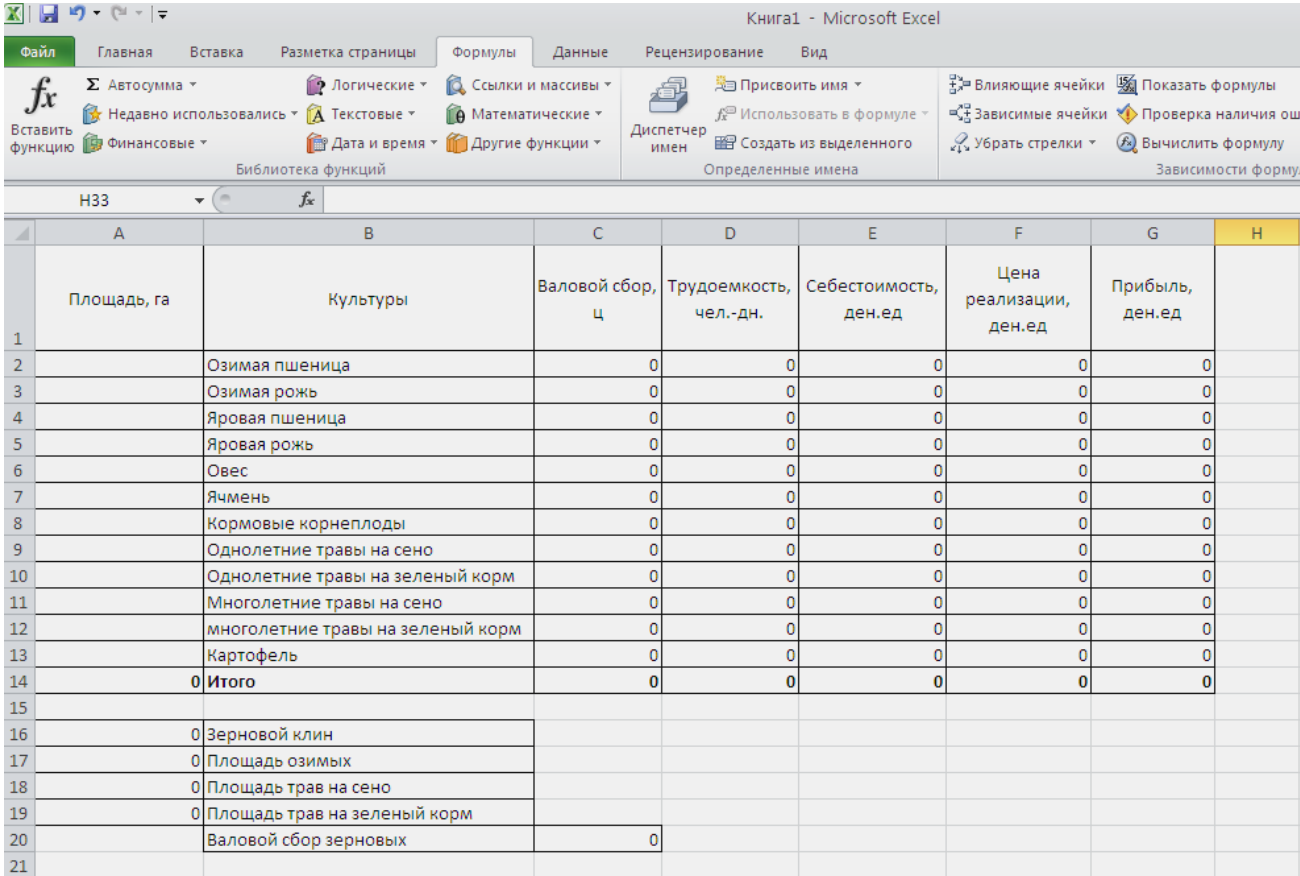
Рисунок 1 – Исходная информация

Вся разработанная информация сводится в расчетную таблицу и заносится в рабочий лист MS Excel (рисунок 2).

Данные в модель рекомендуется заносить в виде ссылок на ячейки с соответствующей информацией в расчетных рабочих листах или рабочих листах с исходными сведениями. При этом правая часть каждого ограничения должна находиться в расчетной таблице.

Для искомым величин переменных x_j нами были оставлены пустые ячейки – соответственно **A2:A13**. Изначально пустые ячейки программа MS Excel воспринимает как ячейки, значение которых равно нулю.

В таблице определяется: общая посевная площадь (ячейка **A14**); количество используемых трудовых ресурсов (ячейка **D14**); пашня, которая может быть использована под посеvy зерновых, озимых, трав (ячейки **A16:A19**); величина прибыли (ячейка **G14**).



	A	B	C	D	E	F	G	H
	Площадь, га	Культуры	Валовой сбор, ц	Трудоемкость, чел.-дн.	Себестоимость, ден.ед	Цена реализации, ден.ед	Прибыль, ден.ед	
1								
2		Озимая пшеница	0	0	0	0	0	
3		Озимая рожь	0	0	0	0	0	
4		Яровая пшеница	0	0	0	0	0	
5		Яровая рожь	0	0	0	0	0	
6		Овес	0	0	0	0	0	
7		Ячмень	0	0	0	0	0	
8		Кормовые корнеплоды	0	0	0	0	0	
9		Однолетние травы на сено	0	0	0	0	0	
10		Однолетние травы на зеленый корм	0	0	0	0	0	
11		Многолетние травы на сено	0	0	0	0	0	
12		многолетние травы на зеленый корм	0	0	0	0	0	
13		Картофель	0	0	0	0	0	
14	0	Итого	0	0	0	0	0	
15								
16	0	Зерновой клин						
17	0	Площадь озимых						
18	0	Площадь трав на сено						
19	0	Площадь трав на зеленый корм						
20		Валовой сбор зерновых	0					
21								

Рисунок 2 - Расчетная таблица

Таким образом, построен опорный план и получено первое допустимое

решение. Значения неизвестных равны нулю (ячейки A2:A13 - пустые ячейки), ячейки столбца G также имеют нулевые значения.

На рисунке 3 показана расчетная таблица в режиме формул.

	A	B	C	D	E	F	G
	Площадь, га	Культуры	Валовой сбор, ц	Трудоёмкость, чел.-дн.	Себестоимость, ден.ед	Цена реализации, ден.ед	Прибыль, ден.ед
1							
2		Озимая пшеница	=A2*Исходные!B2	=C2*Исходные!C2	=C2*Исходные!D2	=C2*Исходные!E2	=F2-E2
3		Озимая рожь	=A3*Исходные!B3	=C3*Исходные!C3	=C3*Исходные!D3	=C3*Исходные!E3	=F3-E3
4		Яровая пшеница	=A4*Исходные!B4	=C4*Исходные!C4	=C4*Исходные!D4	=C4*Исходные!E4	=F4-E4
5		Яровая рожь	=A5*Исходные!B5	=C5*Исходные!C5	=C5*Исходные!D5	=C5*Исходные!E5	=F5-E5
6		Овес	=A6*Исходные!B6	=C6*Исходные!C6	=C6*Исходные!D6	=C6*Исходные!E6	=F6-E6
7		Ячмень	=A7*Исходные!B7	=C7*Исходные!C7	=C7*Исходные!D7	=C7*Исходные!E7	=F7-E7
8		Кормовые корнеплоды	=A8*Исходные!B8	=C8*Исходные!C8	=C8*Исходные!D8	=C8*Исходные!E8	=F8-E8
9		Однолетние травы на сено	=A9*Исходные!B9	=C9*Исходные!C9	=C9*Исходные!D9	=C9*Исходные!E9	=F9-E9
10		Однолетние травы на зеленый корм	=A10*Исходные!B10	=C10*Исходные!C10	=C10*Исходные!D10	=C10*Исходные!E10	=F10-E10
11		Многолетние травы на сено	=A11*Исходные!B11	=C11*Исходные!C11	=C11*Исходные!D11	=C11*Исходные!E11	=F11-E11
12		многолетние травы на зеленый корм	=A12*Исходные!B12	=C12*Исходные!C12	=C12*Исходные!D12	=C12*Исходные!E12	=F12-E12
13		Картофель	=A13*Исходные!B13	=C13*Исходные!C13	=C13*Исходные!D13	=C13*Исходные!E13	=F13-E13
14	=СУММ(A2:A13)	Итого	=СУММ(C2:C13)	=СУММ(D2:D13)	=СУММ(E2:E13)	=СУММ(F2:F13)	=СУММ(G2:G13)
15							
16	=СУММ(A2:A7)	Зерновой клин					
17	=A2+A3	Площадь озимых					
18	=A9+A11	Площадь трав на сено					
19	=A10+A12	Площадь трав на зеленый корм					
20		Валовой сбор зерновых	=СУММ(C2:C7)				
21							
22							

Рисунок 3 - Представление информации расчетной таблицы

Экономическая интерпретация первого опорного плана звучит следующим образом: в хозяйстве имеются ресурсы, рассчитаны все технико-экономические коэффициенты, но процесс производства еще не начат; ресурсы не использовались, и, соответственно, прибыли нет.

Для оптимизации имеющегося плана воспользуемся инструментом **Поиск решения**, который находится в меню **Данные**. Если такой команды нет, то ее необходимо активировать. Для этого:

1. На вкладке **Файл** выберите команду **Параметры**, а затем - категорию **Надстройки**.
2. В поле **Управление** выберите элемент **Надстройки Excel** и нажмите кнопку **Перейти**. Откроется диалоговое окно **Надстройки**.

3. В поле **Доступные надстройки** установите флажок той надстройки, которую необходимо активировать, а затем нажмите кнопку **ОК**.

Если в окне **Доступные надстройки** не удастся найти надстройку, которую требуется активировать, возможно, ее требуется установить.

Активация надстройки проводится один раз, после этого она появляется в меню **Данные**.

После выбора команды **Поиск решения** появится диалоговое окно, как представлено на рисунке 4.

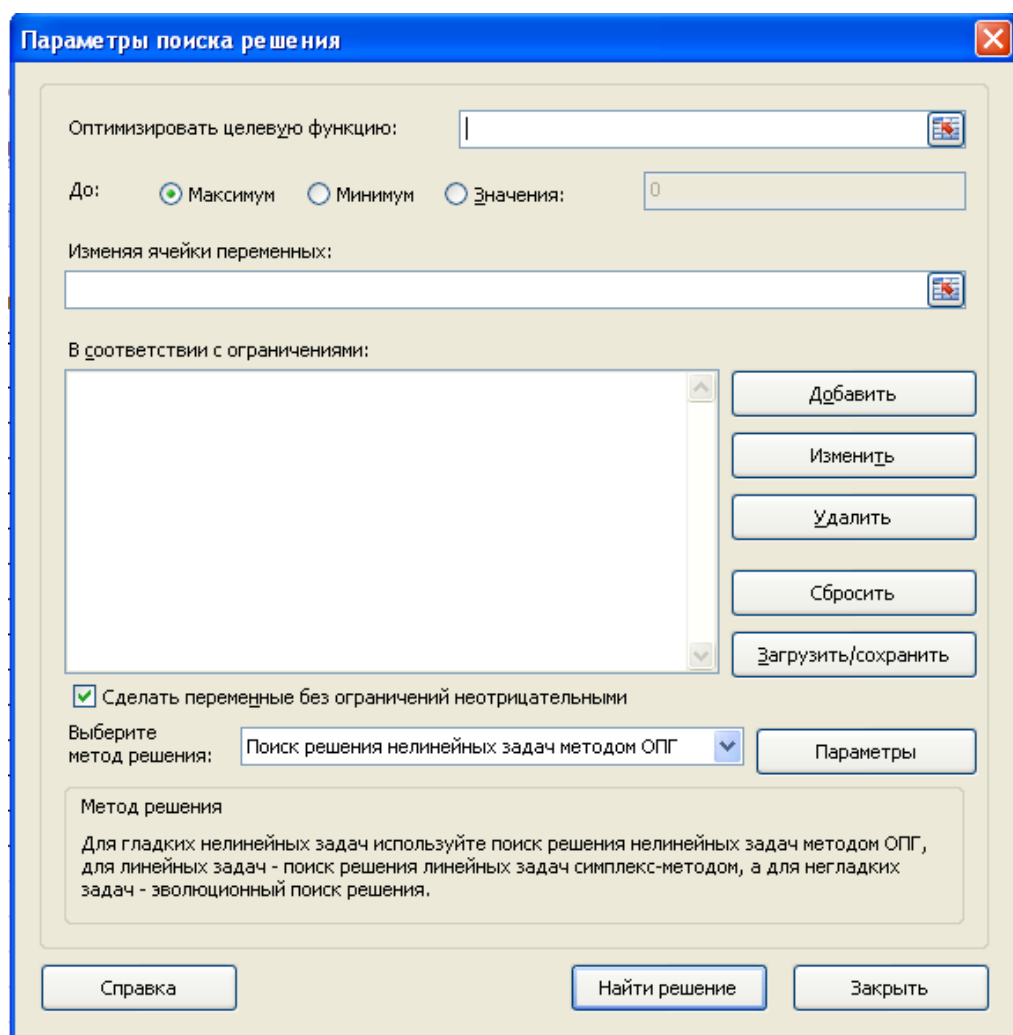


Рисунок 4 - Диалоговое окно «Поиск решения»

Поскольку в качестве критерия оптимизации нами выбрана максимизация прибыли, в поле **Оптимизировать целевую ячейку** вводим ссылку на ячейку, содержащую формулу расчета прибыли. В нашем случае это ячейка **\$G\$14**. Чтобы максимизировать значение конечной ячейки путем изменения значений влияющих ячеек (влияющими, в данном случае это и изменяемые ячейки,

являются ячейки, которые предназначены для хранения значений искомым неизвестных), переключатель устанавливаем в положение **максимум**.

В поле **Изменяя ячейки переменных** вводим ссылки на изменяемые ячейки, разделяя их запятыми; либо, если ячейки находятся рядом, указывая первую и последнюю ячейку, разделяя их двоеточием (**\$A\$2:\$A\$13**).

В поле **В соответствии с ограничениями** вводим все ограничения, накладываемые на поиск решения. Добавление ограничения рассмотрим на примере добавления второго ограничения по общей площади пашни (первое – определение общей посевной площади находится в таблице, в ячейке **A14**).

В разделе **Ограничения** диалогового окна **Поиск решения** нажимаем кнопку **Добавить**. Появится следующее диалоговое окно (рисунок 5)

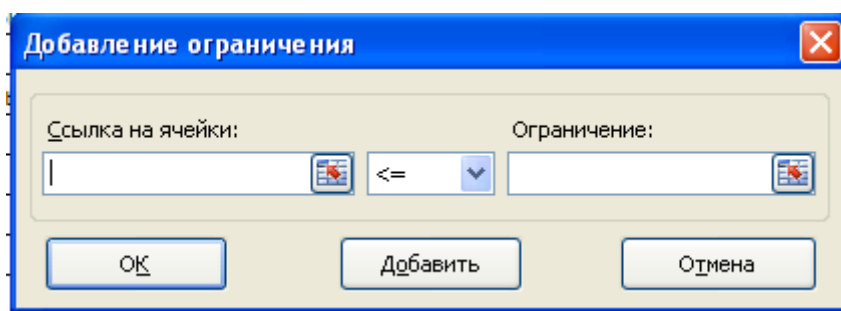


Рисунок 5 - Диалоговое окно ввода ограничения

В поле **Ссылка на ячейку** вводим адрес ячейки, на значение которой накладываются ограничения. В нашем случае, это ячейка **\$A\$14**, где находится формула расчета используемой пашни в текущем плане. Выбираем из раскрывающегося списка условный оператор **<=**, который должен располагаться между ссылкой и ограничением. В поле **Ограничение** вводим значение 8000. В результате диалоговое окно примет следующий вид (рисунок 6).

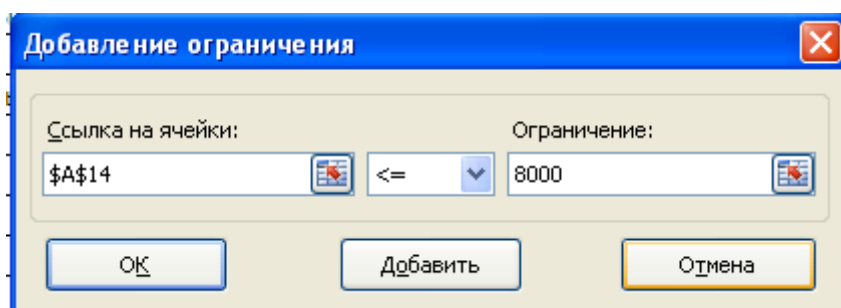


Рисунок 6 - Пример ввода ограничения

Чтобы принять ограничение и приступить к вводу нового, нажимаем кнопку **Добавить**. Аналогично вводятся и другие ограничения. Чтобы вернуться в диалоговое окно **Поиск решения**, нажимаем кнопку **ОК**.

После выполнения вышеперечисленных инструкций диалоговое окно **Поиск решения** будет иметь следующий вид (рисунок 7).

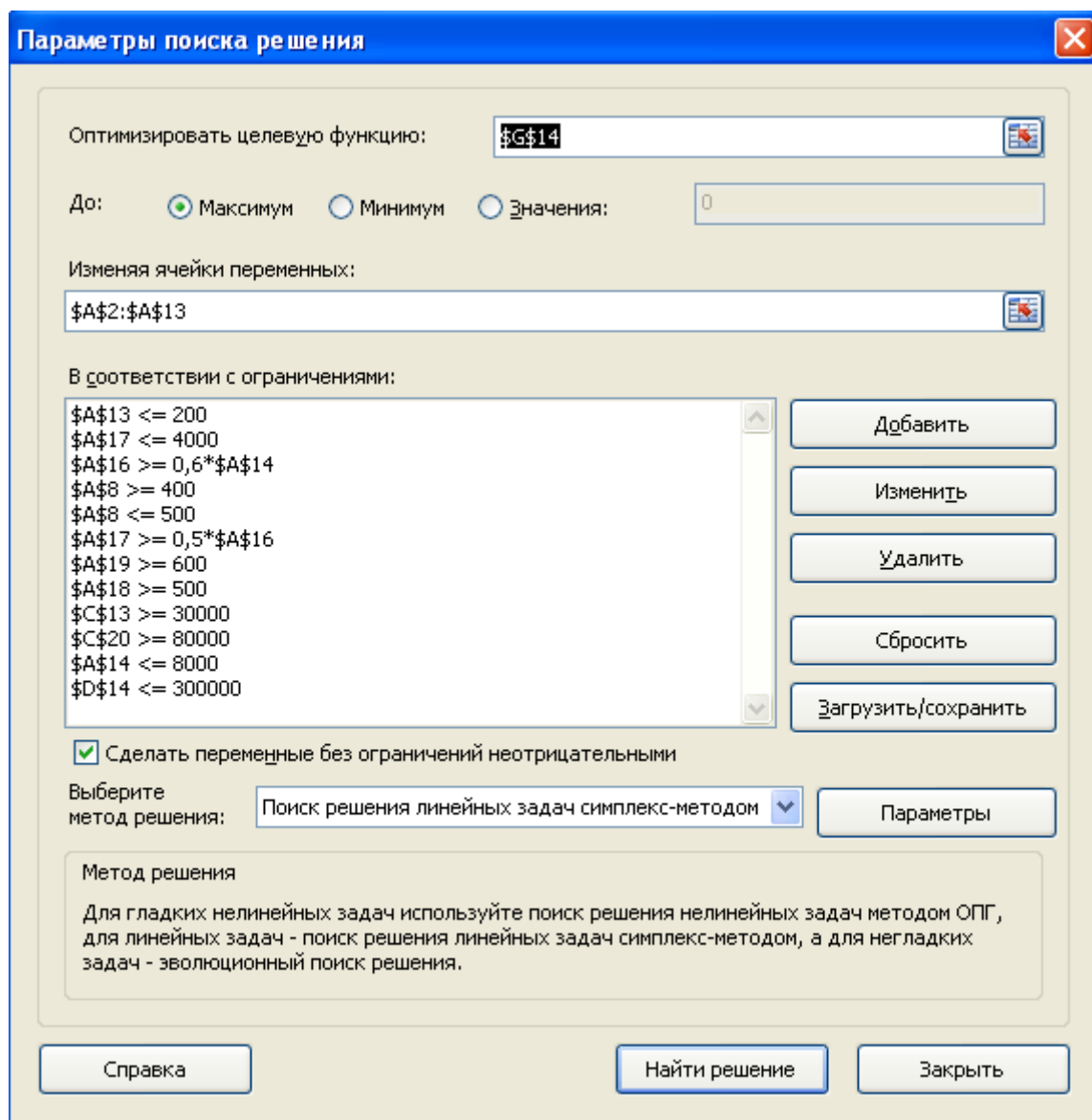


Рисунок 7 - Пример диалогового окна

Для изменения и удаления ограничений в списке **В соответствии с ограничениями** диалогового окна **Поиск решения** указываем ограничение, которое требуется изменить или удалить. Выбираем команду **Изменить** и вносим изменения либо нажимаем кнопку **Удалить**.

Флажок **Сделать переменные без ограничений** в диалоговом окне

позволяет соблюсти условие неотрицательности переменных (при решении нашей задачи – поставить обязательно). В поле **Выберите метод решения** устанавливаем режим *Поиск решения линейных задач симплекс-методом*.

Остальные параметры можно оставить без изменений, либо установить нужные для вас параметры, при необходимости используя справку.

Для запуска задачи на решение нажимаем кнопку **Найти решение** и выполняем одно из следующих действий:

- чтобы сохранить найденное решение на листе, выбираем в диалоговом окне **Результаты поиска решения** - **Сохранить найденное решение** (рисунок 8);

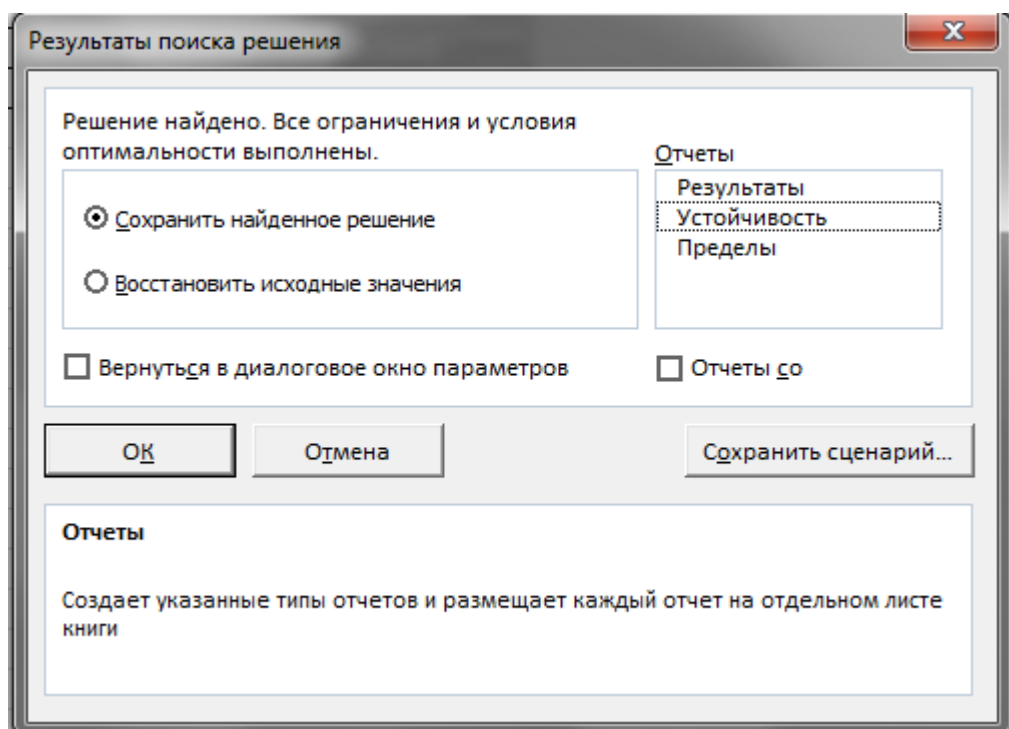


Рисунок 8 - Диалоговое окно «Результаты поиска решения»

- чтобы восстановить исходные данные, выбираем вариант **Восстановить исходные значения**.

В результате решения и сохранения результатов поиска на листе модель примет следующий вид (рисунок 9).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Площадь, га	Культуры	Валовой сбор, ц	Трудоёмкость, ч.-дн.	Себестоимость, ден. ед	Цена реализации, ден. ед	Прибыль, ден. ед	
2	4000	Озимая пшеница	120000	24000	360000	840000	480000	
3	0	Озимая рожь	0	0	0	0	0	
4	2300	Яровая пшеница	57500	11500	172500	431250	258750	
5	0	Яровая рожь	0	0	0	0	0	
6	0	Овес	0	0	0	0	0	
7	0	Ячмень	0	0	0	0	0	
8	400	Кормовые корнеплоды	80000	48000	160000	160000	0	
9	0	Однолетние травы на сено	0	0	0	0	0	
10	0	Однолетние травы на зеленый корм	0	0	0	0	0	
11	500	Многолетние травы на сено	15000	3000	30000	52500	22500	
12	600	Иноголетние травы на зеленый корм	30000	3000	15000	24000	9000	
13	200	Картофель	40000	20000	240000	360000	120000	
14	8000	Итого:	342500	109500	977500	1867750	890250	
15								
16	6300	Зерновой клин						
17	4000	Площадь озимых						
18	500	Площадь трав на сено						
19	600	Площадь трав на з/к						
20		ВС зерновых	177500					
21								

Рисунок 9 - Пример расчетной таблицы

В ячейках **A2:A13** получены значения искомым неизвестных (площади посева равны: озимой пшеницы - 4000 га, яровой пшеницы - 2300 га и т.д.), в ячейках **A14, D14** определены объемы используемых ресурсов (общей площади пашни – 8000 га; труда – 109500 чел.-дн., в ячейке **C20** установлено количество произведенного зерна (177500 ц.). При всех этих значениях величина прибыли достигает 890250 ден. ед. (ячейка **G14**).

В случае, если в результате поиска, не было найдено решение, удовлетворяющее заданным условиям, в диалоговом окне **Результаты поиска решения** появится соответствующее сообщение (рисунок 10).

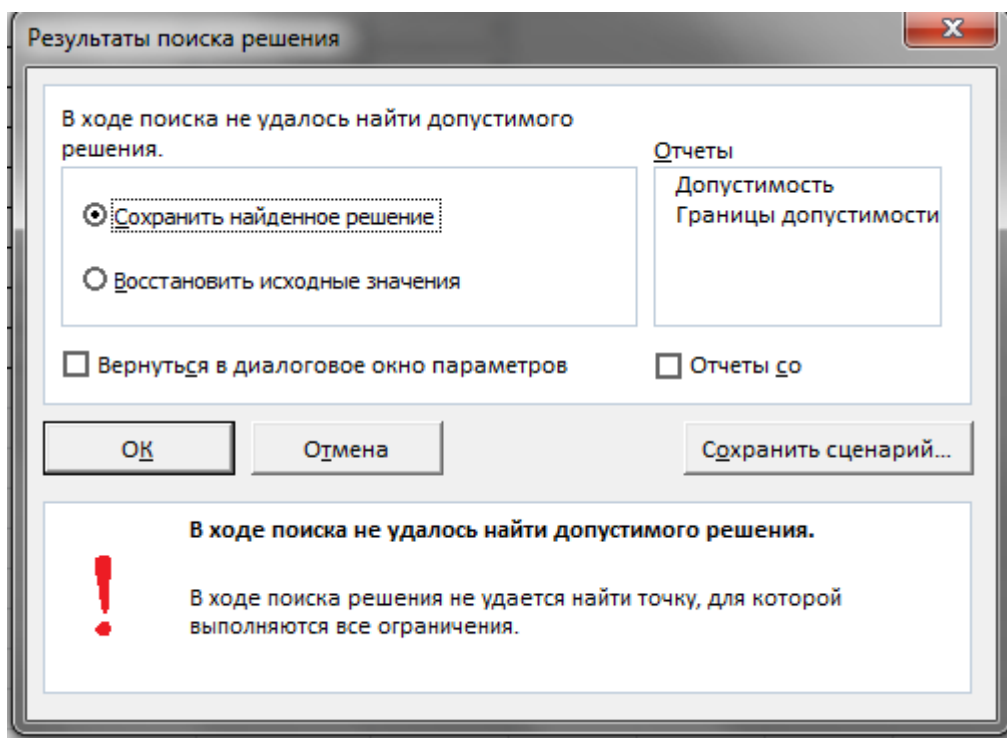


Рисунок 10 - Пример диалогового окна модели, не имеющей решения

Одной из наиболее часто встречающихся причин невозможности найти оптимальное решение является такая ситуация, когда в результате решения задачи выясняется, что имеются ограничения, которые не выполняются. Сохранив найденное решение, требуется построчно сравнить полученные значения и проверить, удовлетворяют ли они заданным условиям. Найдя, таким образом, невыполняемые ограничения необходимо найти и ликвидировать причины, обуславливающие невозможность соблюдения данного конкретного условия (это может быть, например, слишком большие или, наоборот, очень маленькие запланированные объемы ограничений и т.п.).

Если ограничений в модели очень много, то визуально достаточно трудно сравнивать и проверять на верность каждую строку.

На практике многие экономические параметры (цены на продукцию, сырье, запасы сырья и т.д.) с течением времени меняют свои значения. Поэтому оптимальное решение задачи линейного программирования, полученное для конкретной экономической ситуации, после ее изменения может оказаться непригодным или неоптимальным. В связи с этим возникает задача **анализа чувствительности** задачи линейного программирования, а именно того, как

возможные изменения параметров исходной модели повлияют на полученное ранее оптимальное решение.

Ограничения линейной модели классифицируются следующим образом:

- **Связывающие**, ограничения проходят через оптимальную точку;
- **Не связывающие**, ограничения не проходят через оптимальную точку.

Аналогично ресурс, представляемый связывающим ограничением, называют **дефицитным**, а ресурс, представляемый не связывающим ограничением, – **недефицитным**. Ограничение называют **избыточным** в том случае, если его исключение не влияет на область допустимых решений и, следовательно, на оптимальное решение. Выделяют следующие три задачи анализа на чувствительность.

1. Анализ сокращения или увеличения ресурсов:

1) на сколько можно увеличить (ограничения типа \leq) или уменьшить (ограничения типа \geq) запас **дефицитного** ресурса для улучшения оптимального значения целевой функции?

2) на сколько можно уменьшить (ограничения типа \leq) или увеличить (ограничения типа \geq) запас **недефицитного** ресурса при сохранении полученного оптимального значения целевой функции?

2. Увеличение (уменьшение) запаса какого из ресурсов наиболее выгодно?

3. Анализ изменения целевых коэффициентов: каков диапазон изменения коэффициентов целевой функции, при котором не меняется оптимальное решение?

Кроме вставки оптимальных значений в изменяемые ячейки Поиск решения позволяет представлять результаты в виде трех отчетов: «Результаты», «Устойчивость» и «Пределы».

Отчет по результатам (Приложение Б) содержит три таблицы: в первой приведены сведения о целевой функции до начала вычисления, во второй - значения искомым переменных, полученные в результате решения задачи, в третьей - результаты оптимального решения для ограничений. Этот отчет также

содержит информацию о таких параметрах каждого ограничения, как состояние и допуск. Состояние может принимать три вида: привязка, без привязки или невыполненное. Значение допуск - это разность между значением, выводимым в ячейке ограничения при получении решения, и числом, заданным в правой части формулы ограничения. Ограничение с привязкой - это ограничение, для которого значение разницы равно нулю. Ограничение без привязки - это ограничение, которое было выполнено с ненулевым значением разницы.

Если ресурс используется полностью (то есть ресурс дефицитный), то в графе **«Состояние»** соответствующее ограничение указывается как **«привязка»**; при неполном использовании ресурса (то есть ресурс недефицитный) в этой графе указывается **«без привязки»**. В графе **«Значение ячейки»** приведены величины использованного ресурса.

В графе **«Допуск»** показана разность между значением переменной в найденном оптимальном решении и заданным для нее граничным условием. Так, если на ресурс наложено ограничение типа \geq , то в графе **«Допуск»** дается количество ресурса, на которое была превышена минимально необходимая норма. Например, анализ строки 43 (см. приложение Б) отчета по результатам показывает, что валовой сбор зерновых увеличился на 97500 ц, чем было запланировано.

Если на ресурс наложено ограничение типа \leq , то в графе **«Допуск»** дается количество ресурса, которое не используется при реализации оптимального решения. Так, анализ строки 45 (см. приложение Б) показывает, что будет затрачено 109500 чел.-дн. труда. Неизрасходованным остается 190500 чел.-дн. из общего фонда трудовых ресурсов, отведенного на работу. Из этого следует, что *запас недефицитного ресурса «Фонд трудовых ресурсов» можно уменьшить на 190500 чел.-дн. и это никак не повлияет на оптимальное решение.*

На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что существуют причины (ограничения), не позволяющие получать большую прибыль. Проанализировать эти причины позволяет отчет по устойчивости.

Отчет по устойчивости содержит информацию о том, насколько целевая ячейка чувствительна к изменениям ограничений и переменных. Этот отчет имеет два раздела: один для изменяемых ячеек, а второй для ограничений.

Таблица 1 приложения В содержит информацию, относящуюся к переменным.

Приведенная стоимость, которая показывает, на сколько изменится значение целевой функции в случае принудительного включения единицы этой продукции в оптимальное решение. Например, в отчете по устойчивости для рассматриваемой задачи (см. приложение В) приведенная стоимость для озимой ржи равна - 40 ден.ед. (строка 10). Это означает, что если мы, несмотря на оптимальное решение, потребуем включить в план 1 га посева озимой ржи, то новый план принесет нам прибыль 890210 ден.ед., что на 40 ден.ед. меньше, чем в прежнем оптимальном решении.

Предельные значения приращения целевых коэффициентов Δc_j , при которых сохраняется первоначальное оптимальное решение. Например, *допустимое увеличение площади озимой ржи равно 40 ц., а допустимое уменьшение – практически не ограничено*. Это означает, что если площадь на озимую рожь возрастет более чем на 40 га, например, станет равной 61 га, то оптимальное решение изменится.

Таблица 2 приложения В содержит информацию, относящуюся к ограничениям.

Величина использованных ресурсов в колонке **«Окончательное значение»**.

Предельные значения приращения ресурсов Δb_i . В графе **«Допустимое Уменьшение»** показывают, на сколько можно уменьшить (устранить излишек) или увеличить (повысить минимально необходимое требование) ресурс, сохранив при этом оптимальное решение.

Ценность дополнительной единицы i -го ресурса (теневая цена)

рассчитывается только для *дефицитных* ресурсов. Для общей посевной площади она равна 112,5 ден.ед. (строка 32 приложения В), то есть при увеличении общей посевной площади на 1 га, прибыль увеличится на 112,5 ден.ед. и т.д. На основании таблицы 2 приложения В можно сделать вывод, что *в первую очередь выгодно увеличивать общую посевную площадь.*

Отчет по пределам содержит информацию о том, в каких пределах значения изменяемых ячеек могут быть увеличены или уменьшены без нарушения ограничений задачи. Для каждой изменяемой ячейки этот отчет содержит оптимальное значение, а также наименьшие значения, которые ячейка может принимать без нарушения ограничений.

ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

1. Математическая модель экономического объекта – это:

- а) условный образ объекта, созданный для усложнения его исследования;
- б) его адекватное отображение в виде совокупности уравнений, неравенств, логических отношений и графиков;
- в) его неадекватное отображение в виде совокупности уравнений, неравенств, логических отношений и графиков

2. Какое из утверждений верно:

- а) экономико-математические методы - математические методы решения и построения экономико-математических моделей;
- б) экономико-математические методы - математическое и программное обеспечение экономико-математических моделей;
- в) экономико-математические методы - комплекс экономических и математических научных дисциплин, объединенных для изучения социально-экономических систем и процессов.

3. Сколько этапов содержит процесс моделирования?

- А) пять;
- б) шесть;
- в) четыре;
- г) семь.

4. На каком этапе осуществляется формализация экономической проблемы:

- а) построение математической модели
- б) математический анализ модели
- в) постановка экономической проблемы

5. Информационное обеспечение модели включает:

- а) определение набора входных показателей модели и их количественное значение в соответствующем отчетном периоде;

- б) обеспечение методологической сопоставимости входной модельной информации;
- в) проектирование структуры информационной базы данных модели.

6. Программное обеспечение модели включает:

- а) получение численного решения модели с использованием стандартных пакетов прикладных программ;
- б) разработку информационной базы модельных расчетов;
- в) разработку программного обеспечения, реализующего алгоритм решения модели.

7. Оптимизационная модель - это модель, которая:

- а) охватывает некоторое число вариантов производства, распределения или потребления продукции и предназначена для выбора наилучшего из них;
- б) охватывает некоторое число вариантов производства, распределения или потребления продукции и предназначена для выбора таких значений переменных, характеризующих эти варианты, которые позволяют найти наилучший из них;
- в) охватывает некоторое число вариантов производства, распределения или потребления продукции и предназначена для выбора таких значений переменных, которые обеспечивают выбор наиболее сбалансированного варианта.

8. Проверка существования и единственности решения построенной ЭММ осуществляется на таком этапе моделирования, как:

- а) Построение математической модели
- б) Математический анализ модели
- в) Постановка экономической проблемы

9. Проблема применимости результатов моделирования в практической деятельности осуществляется на таком этапе моделирования, как:

- а) построение математической модели

б) математический анализ модели

в) анализ численных результатов

10. Какие группы неизвестных величин может содержать экономико-математическая модель?

а) основные, дополнительные и косвенные;

б) основные, вспомогательные и косвенные;

в) основные, дополнительные и вспомогательные.

11. Критерий оптимальности это:

а) экономическая категория, характеризующая цель решения задачи;

б) математическое выражение, описывающее целевую функцию;

в) экономический показатель, характеризующий особенности функционирования экономики.

12. Совокупность уравнений, неравенств, функций, описывающих экономические явления, процессы и объекты, называется:

а) системой ограничений;

б) математической моделью;

в) линейной моделью

13. Экономико-математическая модель описывает:

а) все особенности функционирования объекта;

б) только наиболее существенные;

в) лишь незначительную часть.

14. Ограничения задачи подразделяются на:

а) основные и дополнительные;

б) основные, дополнительные и вспомогательные;

в) главные и второстепенные.

15. Скользящая переменная это:

- а) добавка к минимальной границе скармливания отдельных видов кормов, вводимая на всё поголовье половозрастной группы животных, за счёт которой норма скармливания изменяется от минимума до максимума;
- б) добавка корма к минимальной границе в расчете на единицу поголовья, в результате чего норма скармливания может изменяться до минимальной границы;
- в) дополнительные корма для всего поголовья, за счет которых обеспечивается полноценное кормление животных в научно-обоснованных пропорциях

16. Цель решения задачи выражается количественно конкретным показателем называемым:

- а) целевой функцией;
- б) критерием оптимальности;
- в) критерием цели.

17. Основным свойством целевой функции является:

- а) однозначность;
- б) определенность;
- в) экстремальность.

18. При построение модели оптимизации рационов кормления необходимо учитывать условия:

- а) физиологические, производственные, территориальные;
- б) экономические, производственные, территориальные;
- в) физиологические, экономические, производственные;
- г) физиологические, экономические, территориальные.

19. С позиций системного подхода наиболее правильно задачу оптимизации структуры кормопроизводства решать в комплексе:

- а) с задачей оптимизации структуры посевных площадей;
- б) с задачей оптимизации кормового рациона;
- в) с задачей оптимизации специализации и сочетания отраслей.

20. Под *оптимальной специализацией* подразумевается:

- а) такое сочетание отраслей, которое соответствует природным и экономическим условиям хозяйства;
- б) такое сочетание отраслей, которое соответствует природным, географическим и экономическим условиям хозяйства;
- в) такое сочетание отраслей, которое соответствует природным, географическим и экономическим условиям хозяйства и позволяет достигнуть наивысшей эффективности производства.

21. Какой критерий является экономически наиболее обоснованным при планировании оптимального состава МТП и его использования:

- а) минимум текущих затрат;
- б) минимум приведенных затрат на выполнение работ и приобретение техники;
- в) минимум приведенных затрат на выполнение заданного объема работ.

ГЛОССАРИЙ

Абстракция (от лат. abstractio - отвлечение) - мысленный процесс отсечения от некоторых свойств и отношений объектов, которые рассматриваются при проведении исследования и принимаются как несущественные и второстепенные.

Агрегирование – преобразование модели в модель с меньшим числом переменных или ограничений – агрегированную модель, дающую приближенное по сравнению с исходной описание изучаемого объекта.

Адаптация — приспособление элементов, подсистем и системы в целом заменяющимся условиям внешней и внутренней среды.

Алгоритм (от Algorithmi — от имени среднеазиатского ученого Аль-Хорезми) — результирующая совокупность точных предписаний или правил с помощью которых можно решать однотипные или массовые задачи и дилеммы. Применительно к исследованию это строгая последовательность выполнения операций проведения исследовательских работ в целях достижения определенного результата.

Анализ — всесторонний разбор, рассмотрение; метод научного исследования путем рассмотрения отдельных сторон, свойств, составных частей чего-либо; составная часть любого исследования; функция управления. Как функция управления анализ представляет собой относительно обособленный вид управленческой деятельности, включающий творческое изучение, систематизацию, обобщение и оценку информации о структуре, общих и специфических свойствах рассматриваемого объекта. Анализ может быть ретроспективный, сравнительный, факторный, корреляционный, по видам деятельности (экономический, технический, экологический) и т.п.

Аналогия (от греч. analogia - сходство, соответствие) - умозаключение, позволяющее на основе сходства или подобия двух объектов по некоторым их свойствам и отношениям сделать соответствующие вероятностные выводы.

Апробация — проверка на практике в реальных условиях теоретически

полученных расчетов, схем, моделей различных процессов и т.п.

Аргументация (от лат. *argumentation* — приведение аргументов) — способ убеждения на основе суждений и доказательств какого-либо определенного тезиса.

Аспект исследования — одна из сторон исследования (организационный, экономический, социальный, психологический и другие аспекты).

Внешняя среда — совокупность свойств окружения исследуемого объекта, т.е. все то, что не входит непосредственно в него, но с ним взаимодействует. Выделяют как минимум два вида внешней среды: микросреду — ближайшее окружение, непосредственно влияющее на объект; макросреду — дальнейшее окружение, косвенно влияющее на объект.

Внутренняя среда — совокупность свойств внутреннего содержания и взаимодействия элементов объекта исследования: ресурсных (материально-техническая база, включающая предметы и средства труда, трудовые ресурсы, информация, финансовые ресурсы), организационных (технология, методы и системы управления, организационная структура), результатов функционирования объекта, например в виде продуктов и услуг.

Гипотеза — предварительное и предположительное научное представление о познаваемом объекте исследования, основанное на ранее полученных данных и знаниях.

Двойственные оценки определяют дефицитность используемых ресурсов и показывают, насколько возрастает максимальное значение целевой функции прямой задачи при увеличении количества соответствующего ресурса на единицу.

«Дерево» целей — структурированная и построенная по иерархическому (ранжированная по уровням) совокупность целей системы, программы, плана, в которой выделены: главная цель («вершина дерева»), подчиненные ей подцели первого, второго и последующих уровней («ветви дерева»).

Дополнительные переменные – разность между располагаемым ресурсом и необходимым, т. е. резервы каждого вида ресурсов.

Допустимый план – решение, удовлетворяющее системе ограничений, но не обязательно оптимальное.

Закономерности — устойчивые тенденции изменений, объективные связи явлений, определяющие их изменения. Применительно к экономике и управлению это существенные, объективные и устойчиво повторяющиеся связи и явления в экономических и управленческих процессах, вытекающие из соответствующих законов экономики и управления.

Исследование — научный труд, вид научной деятельности; научное изучение и процесс познания; процесс изучения какого-либо объекта и получения на этой основе новых знаний о нем.

Исследование систем управления — научное изучение (как научный труд, вид научной деятельности) профессиональными исследователями и (или) менеджерами-исследователями соответствующего предмета СУ (как совокупности взаимосвязанных элементов и подсистем управления, взаимодействующих между собой и участвующих в процессе воздействия на объекты управления и внешнюю среду) с целью определения законов и закономерностей управления, совершенствования и развития познаваемых систем, получения и применения новых знаний в теории и практике.

Качество исследования — определенная совокупность свойств исследования, потенциально или реально объективно способных в той или иной мере удовлетворять предъявляемые к нему требования.

Линейное программирование – методы решения задач, в которых ограничения и целевая функция линейны.

Математическая модель - модель объекта, процесса или явления, представляющая собой математические закономерности, с помощью которых описаны основные характеристики моделируемого объекта, процесса или явления.

Метод (в широком смысле) - способ познания явлений природы и общественной жизни с целью построения и обоснования системы знаний.

Метод (в узком смысле) - регулятивная норма или правило, определенный путь, способ, прием решений задачи теоретического, практического, познавательного, управленческого, житейского характера.

Методика исследования — совокупность способов, приемов и действий практического выполнения определенных исследовательских процессов с использованием для этого строго последовательных, систематических, точно сформулированных и следующих плану научно-обоснованных положений (утверждений и четко сформулированных мыслей).

Методология — учение о принципах построения, формах и способах познавательной деятельности; учение о научных методах познания; совокупность методов, применяемых в отдельных науках; учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности.

Методология исследования — совокупность принципов, методов, форм и средств логической организации и проведения исследовательской деятельности, предполагающей осознание ее цели, выбор и использование определенного состава методологического арсенала.

Методы исследования — совокупность целенаправленных способов и действий получения новых знаний об управленческих отношениях и системе управления.

Моделирование логическое — выявление горизонтальных и вертикальных причинно-следственных связей между главными факторами, характеризующими управленческие, экономические, социальные или другие процессы, с целью воспроизведения процессов при анализе, прогнозировании и оценке параметров объектов.

Моделирование физическое — воспроизведение объекта в уменьшенных размерах с целью экспериментальной проверки параметров, процессов и взаимодействия элементов объекта, экономии ресурсов и повышения качества управленческого решения.

Моделирование экономико-математическое — описание процессов математическими методами с целью экспериментальной проверки параметров, процессов и взаимодействия элементов объекта, экономии ресурсов и повышения качества управленческого решения.

Модель — условный образ объекта управления. Модели могут быть логическими, физическими, экономико-математическими и пр.

Модель оптимального планирования - экономико-математическая модель, предназначенная для создания плана, обеспечивающего заданный производственный результат при минимальных затратах или максимальной эффективности и при заданном объеме ресурсов.

Модель оптимизации - математическая модель, исходящая из того, что некоторые переменные в моделируемых процессах или ситуациях максимизируются или минимизируются.

Объект исследования — структура (подразделение, предприятие, объединение предприятий, отрасль, национальное хозяйство) и ее внутренняя и внешняя среда. При системном подходе объектом исследования являются системы (социальные, экономические, технические, организационные, производственные, научные, политические, культурные, кадровые и др.), т.е. это то, что требует наличия системы управления и имеет ее.

Оптимальное решение – вариант, для которого принятый критерий принимает наилучшее решение.

Организация исследования - упорядочение исследовательских действий во времени, в пространстве и по содержанию на основе адекватных целям исследования принципов, методов, форм и средств.

Переменная – величина, принимающая различные значения.

Предмет исследования — конкретная проблема, задача или вопрос, познание и разрешение которых требует проведения исследования в различных отраслях науки: управлении, экономике, технике и др., т.е. в общем случае это то, на что направлено научное изучение, разрешение и познание и что является их содержанием.

Прием исследования — конкретное действие (например, измерение параметра, логическая или математическая операция), направленное на получение промежуточного или локального исследовательского результата.

Прикладные исследования — оригинальные исследования, предпринятые для получения знаний, т.е. для достижения конкретной практической цели или решения задачи.

Симплекс-метод – метод решения задач линейного программирования.

Целевая функция – критерий оптимизации, признак, характеризующий качество принимаемого решения (максимум прибыли, минимум затрат).

Экономико-математические методы – название комплекса экономических и математических научных дисциплин, введенное академиком В. С. Немчиновым в начале 1960-х годов.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Багриновский К.А. Экономико-математические методы и модели /К.А. Багриновский, В.М. Матюшок. - М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 1999.- 183 с.
2. Гатаулин А.М. Экономико-математические методы в планировании с.-х. производства /А.М. Гатаулин. - М.: Агропромиздат, 1990.- 432 с.
3. Коробов П.Н. Математическое программирование и моделирование экономических процессов: учеб. /П.Н. Коробов. – СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2003. – 376 с.
4. Кундиус В.А. Математические методы в экономике и моделирование социально-экономических процессов в АПК / В.А. Кундиус, Л.А. Мочалова, В.А. Кегелев, Г.С. Сидоров.- М.: Колос, 2001. - 288 с.
5. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0 /Б.Я. Курицкий. – СПб.: ВНУ, 1997. - 384 с.

Дополнительная литература:

1. Практикум по экономико-математическим методам и моделированию в землеустройстве / под ред. С.Н. Волкова, Л.С. Твердовской. – М.: Агропромиздат, 1991. – 256 с.
2. Шелобаев С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: учеб. пособие для вузов /С.И. Шелобаев. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.- 367 с.
3. Экономико-математические методы и прикладные модели / под ред. В.В. Федосеева. - М.: ЮНИТИ, 2000. – 391 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Питательность и стоимость кормов

Наименование	Содержится в 1 кг корма			Стоимость 1 кг, ден. ед.
	к.ед, кг	преваримый протеин, г	каротин, мг	
Концентрированные				
Комбикорм	0,9	120	1	5,5
Овес	1,0	83	--	3,95
Ячмень	1,09	89	1	3,9
Зерноотходы	0,73	113	4	2,6
Вика+овес	1,08	124	1	4,4
Грубые				
Сено естественных трав	0,37	37	16	1,4
Сено клеверо- тимофеечное	0,46	83	45	1,43
Сено вико-овсяное	0,45	66	25	1,52
Сено однолетних трав	0,46	55	15	1,48
Солома пшеницы	0,22	10	4	0,6
Солома ячменя	0,36	12	4	0,7
Сочные				
Картофель	0,31	13	--	1,93
Кормовая свекла	0,26	13	--	1,5
Брюква	0,13	9	0,4	1,43
Силос кукурузный	0,16	12	10	0,74
Силос подсолнечниковый	0,15	13	15	0,71
Сенаж				
Естественных трав	0,26	25	17	1,04
Многолетних трав	0,34	45	38	0,92
Однолетних трав	0,32	42	34	1,092

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Отчет по результатам

модель [Режим совместимости] - Microsoft

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Вставить Буфер обмена Шрифт Arial Cyr 10 Выравнивание Число Условное форматирование

О9

А	В	С	Д	Е	Ф	Г
1	Microsoft Excel 14.0 Отчет о результатах					
2	Лист: [модель.xls]модель					
3	Отчет создан: 07.11.2012 14:31:18					
4	Результат: Решение найдено. Все ограничения и условия оптимальности выполнены.					
5	Модуль поиска решения					
6	Модуль: Поиск решения линейных задач симплекс-методом					
7	Время решения: 0,062 секунд.					
8	Число итераций: 16 Число подзадач: 0					
9	Параметры поиска решения					
10	Максимальное время 100 с, Число итераций 100, Precision 0,000001					
11	Максимальное число подзадач Без пределов, Максимальное число целочисленных решений Без пределов,					
12	Целочисленное отклонение 5%, Решение без целочисленных ограничений, Считать неотрицательными					
13						
14	Ячейка целевой функции (Максимум)					
15	Ячейка	Имя	Исходное значение	Окончательное значение		
16	\$G\$14	Итого: Прибыль, ден. ед	0	890250		
17						
18						
19	Ячейки переменных					
20	Ячейка	Имя	Исходное значение	Окончательное значение	Целочисленное	
21	\$A\$2	Площадь озимой пшеницы, га	0	4000	Продолжить	
22	\$A\$3	Площадь озимой ржи, га	0	0	Продолжить	
23	\$A\$4	Площадь яровой пшеницы, га	0	2300	Продолжить	
24	\$A\$5	Площадь яровой ржи, га	0	0	Продолжить	
25	\$A\$6	Площадь овса, га	0	0	Продолжить	
26	\$A\$7	Площадь ячменя, га	0	0	Продолжить	
27	\$A\$8	Площадь кормовых корнеплодов, га	0	400	Продолжить	
28	\$A\$9	Площадь однол. трав на сено, га	0	0	Продолжить	
29	\$A\$10	Площадь однол. трав на зел. корм, га	0	0	Продолжить	
30	\$A\$11	Площадь мн. трав на сено, га	0	500	Продолжить	
31	\$A\$12	Площадь мн. трав на зел. корм, га	0	600	Продолжить	
32	\$A\$13	Площадь картофеля, га	0	200	Продолжить	
33						
34						
35	Ограничения					
36	Ячейка	Имя	Значение ячейки	Формула	Состояние	Допуск
37	\$A\$17	Площадь озимых, га	4000	\$A\$17<=4000	Привязка	0
38	\$A\$16	Площадь зерновых, га	6300	\$A\$16>=0.6*\$A\$14	Без привязки	1500
39	\$A\$17	Площадь озимых, га	4000	\$A\$17>=0.5*\$A\$16	Без привязки	850
40	\$A\$19	Площадь трав на зел. корм, га	600	\$A\$19>=600	Привязка	0
41	\$A\$18	Площадь трав на сено, га	500	\$A\$18>=500	Привязка	0
42	\$C\$13	Картофель Валовой сбор, ц	40000	\$C\$13>=30000	Без привязки	10000
43	\$C\$20	Зерновые Валовой сбор, ц	177500	\$C\$20>=80000	Без привязки	97500
44	\$A\$14	Общая площадь, га	8000	\$A\$14<=8000	Привязка	0
45	\$D\$14	Итого: Трудоемкость, ч.-дн.	109500	\$D\$14<=300000	Без привязки	190500
46	\$A\$13	Площадь картофеля, га	200	\$A\$13<=200	Привязка	0
47	\$A\$8	Площадь кормовых корнеплодов, га	400	\$A\$8>=400	Привязка	0
48	\$A\$8	Площадь кормовых корнеплодов, га	400	\$A\$8<=500	Без привязки	100
49						
50						

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Отчет по устойчивости

модель [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили

J25

1	Microsoft Excel 14.0 Отчет об устойчивости						
2	Лист: [модель.xls]модель						
3	Отчет создан: 07.11.2012 14:31:19						
4							
5							
6	Ячейки переменных						
7			Окончательное	Приведенн.	Целевая функция	Допустимое	Допустимое
8	Ячейка	Имя	Значение	Стоимость	Коэффициент	Увеличение	Уменьшение
9	\$A\$2	Площадь озимой пшеницы, га	4000	0	120	1E+30	7,5
10	\$A\$3	Площадь озимой ржи, га	0	-40	80	40	1E+30
11	\$A\$4	Площадь яровой пшеницы, га	2300	0	112,5	7,5	32,5
12	\$A\$5	Площадь яровой ржи, га	0	-32,5	80	32,5	1E+30
13	\$A\$6	Площадь овса, га	0	-97,5	15	97,5	1E+30
14	\$A\$7	Площадь ячменя, га	0	-82,5	30	82,5	1E+30
15	\$A\$8	Площадь кормовых корнеплодов, га	400	-112,5	0	112,5	1E+30
16	\$A\$9	Площадь однол. трав на сено, га	0	-15	30	15	1E+30
17	\$A\$10	Площадь однол. трав на зел. корм, га	0	-5	10	5	1E+30
18	\$A\$11	Площадь мн. трав на сено, га	500	0	45	67,5	15
19	\$A\$12	Площадь мн. трав на зел. корм, га	600	0	15	97,5	5
20	\$A\$13	Площадь картофеля, га	200	487,5	600	1E+30	487,5
21							
22	Ограничения						
23			Окончательное	Тень	Ограничение	Допустимое	Допустимое
24	Ячейка	Имя	Значение	Цена	Правая сторона	Увеличение	Уменьшение
25	\$A\$17	Площадь озимых, га	4000	7,5	4000	2300	850
26	\$A\$16	Площадь зерновых, га	6300	0	0	1500	1E+30
27	\$A\$17	Площадь озимых, га	4000	0	0	850	1E+30
28	\$A\$19	Площадь трав на зел. корм, га	600	-97,5	600	1500	600
29	\$A\$18	Площадь трав на сено, га	500	-67,5	500	1500	500
30	\$C\$13	Картофель Валовой сбор, ц	40000	0	30000	10000	1E+30
31	\$C\$20	Зерновые Валовой сбор, ц	177500	0	80000	97500	1E+30
32	\$A\$14	Общая площадь, га	8000	112,5	8000	1700	2300
33	\$D\$14	Итого: Трудоемкость, ч.-дн.	109500	0	300000	1E+30	190500
34							

Учебное издание

Островская Ирина Эдуардовна

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ В АПК**

Художественный редактор Г.Ю. Гавриленко
Компьютерная верстка И.Э. Островская

Подписано в печать _____
Бумага офсетная. Формат 60x84/1/16
Печать RISOGRAPH 1510.
Уч. – изд. л. 7,9 Тираж 500 экз. Заказ № ___

ФГБОУ ВПО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»
692510, Приморский край, г. Уссурийск, пр. Блюхера, 44.

Участок оперативной полиграфии ФГБОУ ВПО ПГСХА
692500, Приморский край, г. Уссурийск, ул. Раздольная, 8