

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Макушев Андрей Григорьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 01.03.2023 11:04:11  
Уникальный программный ключ:  
4c46f2d9dda3fafb9e57683d11e5a4257b6ddfe

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»  
(ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА)

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Методические указания по выполнению и защите курсовой работы  
для студентов всех форм обучения направления 38.03.01 Экономика  
профили «Финансы и кредит», «Бухгалтерский учет, анализ и аудит»,  
«Налоги и налогообложение»

Чебоксары  
2020

УДК 519.86  
ББК 22.1

Рецензенты:

Барана Е.П., доцент кафедры информационных технологий и математики Чебоксарского кооперативного института (филиала) АНОО ВО Центросоюза РФ «Российский университет кооперации», канд. ф.-м. наук, доцент;  
Васильева О.Г, доцент кафедры математики, физики и информационных технологий ФГБОУ ВО «Чувашская ГСХА», кандидат экономических наук

**Методические указания по выполнению и защите курсовой работы по дисциплине «Экономико-математическое моделирование» для студентов всех форм обучения направления 38.03.01 Экономика профили «Финансы и кредит», «Бухгалтерский учет, анализ и аудит», «Налоги и налогообложение» / Сост. Е.А. Деревянных. – Чебоксары: ФГБОУ ВО «Чувашская ГСХА», 2020. – 81 с.**

В методических указаниях содержатся единые требования к содержанию, структуре, объему и оформлению курсовой работы, описывается организация ее выполнения и защиты.

Для студентов всех форм обучения направления 38.03.01 Экономика, профили «Финансы и кредит», «Бухгалтерский учет, анализ и аудит», «Налоги и налогообложение».

Утверждены методической комиссией инженерного факультета  
(протокол № \_\_ от \_\_ \_\_\_\_\_ 2020 г.)

© Деревянных Е.А., 2020  
© ФГБОУ ВО ЧГСХА, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                         | 4  |
| 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....                                           | 8  |
| 1.1. Требования к содержанию курсовой работы .....                                                    | 8  |
| 1.2. Требования к структуре курсовой работы .....                                                     | 9  |
| 1.3. Требования к оформлению курсовой работы .....                                                    | 13 |
| 1.4. Рекомендуемые источники .....                                                                    | 25 |
| 2. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ» .....     | 28 |
| 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАДАЧИ .....                            | 47 |
| 3.1. Экономико-математическая модель задачи оптимизации структуры и размещения посевных площадей..... | 47 |
| 3.2. Экономико-математическая модель задачи оптимизации кормового рациона.....                        | 50 |
| 3.3. Экономико-математическая модель задачи оптимизации кормопроизводства .....                       | 53 |
| 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ.....                                           | 58 |
| 4.1. Составление математической модели задачи об оптимизации плана выпуска продукции .....            | 58 |
| 4.2. Оптимизация плана выпуска продукции средствами MS Excel .....                                    | 59 |
| 4.3. Анализ оптимального решения на чувствительность в MS Excel .....                                 | 68 |
| Приложения .....                                                                                      | 76 |

## ВВЕДЕНИЕ

Выполнение курсовой работы по дисциплине «Экономико-математическое моделирование» является важным элементом учебного процесса для студентов направления подготовки 38.03.01 Экономика (уровень бакалавриата) направленности (профилей) «Финансы и кредит», «Бухгалтерский учет, анализ и аудит», «Налоги и налогообложение».

Курс «Экономико-математическое моделирование» состоит в теоретическом и практическом ознакомлении с основными математическими методами и моделями, используемыми для описания и прогноза экономических процессов.

**Цели дисциплины:** выработка у студентов представлений об экономико-математических методах и моделях анализа конкретной экономической ситуации; развитие умения формулировать задачи предметной области и находить критерии и соответствующие способы изучения математических моделей экономики; развитие у студентов способности самостоятельного изучения экономико-математической литературы, умеющих математически грамотно пояснить существо используемых математических методов и моделей и обосновать необходимость их применения; развитие навыков содержательной интерпретации результатов экономико-математического моделирования, полученных при использовании аналитических методов исследования.

**Задачи дисциплины:**

- ознакомить студентов с целями экономико-математического моделирования и методами получения решений на моделях;
- раскрыть роль экономико-математического моделирования в исследовании проблем управления экономикой народного хозяйства и важнейшей его составляющей - АПК;
- изучить некоторые классы экономико-математических методов и моделей, условия их применимости;

- усвоить теорию моделирования и концепцию оптимизации, методы формализованного описания экономических процессов и объектов, методы и приемы моделирования;

- научиться грамотно осуществлять постановку экономико-математических задач;

- научиться выбирать базовую модель для поставленной задачи или разработать специальную экономико-математическую модель;

- приобретение навыков использования математических методов и моделей для решения задач в области моделирования экономических процессов;

- сформировать навыки решения оптимизационных задач и анализа экономических объектов на основе моделей с использованием программного обеспечения ЭВМ;

- научиться квалифицировано проводить анализ результатов решения задач и разрабатывать предложения для использования результатов расчетов на практике.

По результатам изучения дисциплины «Экономико-математическое моделирование» студент должен:

*знать:*

- общие понятия и этапы математического моделирования социально-экономических систем и процессов;

- методы математического моделирования экономических процессов на различных уровнях (микро, макро);

- типичные классы задач исследования операций в экономике АПК;

- назначение и области применения методов моделирования экономических процессов и систем;

- основные теоретические принципы моделирования, методы и приемы разработки математических моделей алгоритмы разработки структурных и числовых моделей;

- основные алгоритмы решения оптимизационных задач: графического метода, симплексного метода и его модификаций, метода потенциалов;
- основы моделирования и оптимизации организационных систем;
- постановку, формализацию и решение экономико-математических задач оптимизации структуры посевных площадей, кормовых рационов;
- постановку, формализацию и решение задач оптимизации производственной программы, производственной структуры аграрных предприятий, оптимизацию севооборотов, использования удобрений;
- моделирование межотраслевых связей на макроуровне;
- методы и модели предельного анализа рынка и фирмы, функции потребления, спроса, полезности, кривые и карты безразличия, кривые «цены - потребление», «доход – потребление», коэффициенты эластичности.

*уметь:*

- формулировать экономико-математические модели реальных экономических процессов и задач;
- выбирать конкретное математическое обеспечение для рассматриваемых типов экономико-математических моделей;
- решать задачи на основе сформулированных моделей как аналитическими методами, так и с использованием ЭВМ и разрабатывать рекомендации по практическому использованию оптимального варианта;
- давать экономическую интерпретацию, как параметров модели, так и полученных результатов;
- осуществлять поиск информации по полученному заданию, сбор, анализ данных, необходимых для решения поставленных задач;
- представлять результаты аналитической и исследовательской работы в виде выступления, доклада, информационного отчета, статьи;

*владеть:*

- методикой построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния, и прогнозирования экономических явлений и процессов;

- методами решения оптимизационных задач и задач математико-статистического анализа экономических процессов;

- навыками применения современного математического инструментария для решения экономических задач, с использованием современных пакетов прикладных программ и мировых информационных ресурсов.

Выполнение и защита курсовой работы является важным этапом изучения дисциплины «Экономико-математическое моделирование».

Курсовая работа представляет собой самостоятельную учебно-исследовательскую работу, обеспечивает закрепление знаний, полученных студентами на занятиях по дисциплине.

В процессе ее выполнения обучающийся систематизирует теоретические знания и применяет их в решении конкретных экономико-математических задач в области экономики и сельского хозяйства, проявляет возможности самостоятельного логического мышления при оценке происходящих изменений в сфере экономики и сельского хозяйства, овладевает методикой проведения научного исследования.

Основными задачами написания курсовой работы являются:

1. расширение и углубление знаний обучающегося по конкретной проблеме;
2. ознакомление с современными экономико–математическими методами, выработка приемов и навыков анализа;
3. освоение возможностей применения средств Microsoft Excel в решении экономико–математических задач;
4. отработка умений по выявлению взаимосвязи теоретического материала с практикой.

Курсовая работа отражает умение студента работать с литературой, делать самостоятельные выводы, анализировать и обобщать статистический и другие материалы, обосновывать собственную точку зрения по изучаемой проблеме, находить пути ее решения.

# **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

## **1.1. Требования к содержанию курсовой работы**

По содержанию курсовая работа носит учебно-исследовательский характер, поэтому, являясь результатом творческой деятельности студента, она позволяет ему проявить свои теоретические знания и практические навыки. Ее выполнение направлено на закрепление тем дисциплины, расширение теоретических и практических знаний, на развитие навыков самостоятельной работы при решении конкретных задач, а также на закрепление навыков по выполнению расчетов и проведения экономического анализа полученных результатов.

Вариант курсовой работы указывается преподавателем, либо выбирается по учебному шифру. При выборе темы следует учитывать: одна тема – один студент (в группе). После чего студент пишет заявление на имя заведующего кафедрой об утверждении темы и назначения научного руководителя (приложение 1).

На начальном этапе написания курсовой работы студент составляет план курсовой работы и согласовывает его с научным руководителем. Следует иметь в виду, что хорошо составленный план является значительной предпосылкой успеха в работе. Утверждение руководителем плана работы имеет принципиальное значение. Оно позволяет студенту взять верное направление в работе, не упустить какой-то важной проблемы и ограничить свою работу определенными рамками для обеспечения необходимой глубины изложения вопросов темы.

Защита курсовой работы осуществляется строго до начала экзаменационной сессии, как правило, во время зачетной недели либо по согласованию с преподавателем.

По итогам защиты работы комиссии студент получает оценку, которая ставится в зачетную книжку студента в разделе «Курсовые работы».

К числу основных критериев при оценке курсовой работы относятся следующие:

- грамотное логичное изложение содержания основных вопросов темы;
- самостоятельный подход к подбору, анализу использованных источников;
- элементы исследовательского подхода при анализе использованных источников;
- обоснование собственной точки зрения на рассматриваемые проблемы и явления;
- связь теоретической и практической части курсовой работы;
- правильное решение задачи практической части курсовой работы;
- проведение экономического анализа полученных результатов задачи;
- грамотное оформление работы в соответствии с предъявляемыми требованиями.

## **1.2. Требования к структуре курсовой работы**

Курсовая работа по дисциплине «Экономико-математическое моделирование» должна содержать:

- титульный лист (приложение 2);
- утвержденный руководителем план (приложение 1);
- содержание;
- введение;
- основную часть, состоящую из теоретической и практической частей;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Титульный лист является первой страницей и оформляется по стандартному образцу. На титульном листе курсовой работы необходимо указать тему курсовой работы (например, «Оптимизация портфеля ценных бумаг»), также фамилию и инициалы студента, выполнившего курсовую работу, и фамилию и инициалы научного руководителя.

Содержание располагается до основного текста работы после титульного листа и включается в общую нумерацию страниц (приложение 3). Содержание курсовой работы включает названия разделов с указанием страниц, с которых они начинаются. Разделы содержания должны полностью соответствовать заголовкам разделов в тексте работы. Сокращенная редакция не допускается.

Во введении должны быть коротко изложены следующие основные вопросы:

- обоснована актуальность, выбранной темы курсовой работы;
- сформулирована цель курсовой работы;
- определены основные задачи;
- определен объект работы;
- определен предмет работы;
- приведен перечень использованных материалов.

Во введении студент должен дать, хотя бы кратко, обзор литературы, изданной по этой теме. Объем введения составляет 2-3 страницы. Введение должно подготовить читателя к восприятию основного текста работы. Оно состоит из обязательных элементов, которые необходимо правильно сформулировать.

Основная часть работы включает главы, подразделяемые на параграфы, последовательно и логично раскрывающие содержание исследования. Курсовая работа должна состоять минимум из двух глав, каждая из которых может делиться на параграфы (два-три параграфа). Основная часть зависит от исследуемой проблемы и круга рассматриваемых вопросов. Она отражает

теоретическую и методологическую базу изучаемой проблемы, практические расчеты, а также основные результаты выполненной работы.

Главы курсовой работы пишутся на основании глубокого изучения литературных источников по выбранной теме. Здесь же излагаются наиболее актуальные вопросы, проблемы по исследуемой теме. Содержание глав должно точно соответствовать теме курсовой работы и полностью ее раскрывать. Названия глав и параграфов должны быть краткими, состоящими из ключевых слов, несущих основную смысловую нагрузку. В работе должна быть сохранена логическая связь между главами и последовательность перехода от одной главы к другой, что обеспечит единство курсовой работы. При написании курсовой работы не всегда целесообразно использовать весь законспектированный и собранный материал, следует отобрать из собранного материала основные данные, позволяющие четко и обоснованно раскрыть тему и финансовые проблемы. Излагать материал в курсовой работе рекомендуется в основном самостоятельно, своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. Не допускается также произвольное сокращение слов. Объем каждой главы должен составлять 8-10 страниц. Особое внимание должно уделяться языку и стилю написания курсовой работы, что свидетельствует об общем уровне подготовки будущего экономиста, его профессиональной культуре.

Первая глава должна содержать теорию вопроса тематики курсовой работы с аналитическим обзором литературных источников, анализом современного состояния его изученности. В этой главе должны быть раскрыты методы решения, применяемые в практической части работы.

На все использованные источники должны быть ссылки. Наличие ссылок свидетельствует о качестве изучения темы, научной добросовестности автора работы.

Вторая и последующие главы – расчетно-аналитические. Во второй главе составляется математическая модель задачи с учетом индивидуальных

данных на основе варианта. Для этого по условию задачи необходимо ввести переменные, составить систему ограничений и целевую функцию, экстремум которой будет найден в следующей главе работы. В третьей главе необходимо найти оптимальное решение задачи, и описать алгоритм нахождения этого решения (если при решении задачи применяются средства MS Excel, то скриншоты обязательны). В обязательном порядке в конце третьей главы должен присутствовать ответ по найденному оптимальному решению. В четвертой главе проводится экономический анализ полученных результатов.

В заключении необходимо сформулировать выводы, в соответствии с поставленной в работе целью исследования и определенными во введении задачами. Не допускается точное повторение текста введения и основной части, в частности выводов, сделанных по разделам. Выводы согласовываются и формулируются с приведением доказательной базы.

Заключительная часть дополняет характеристику общего уровня выполненной курсовой работы, а также показывает уровень квалификации студента в целом на данном этапе учебы, свидетельствует о его навыках самостоятельной работы. В заключении должны быть сформулированы краткие выводы по всей работе. Объем заключения составляет 3-4 страницы.

Список использованных источников завершает изложение текста курсовой работы. Он должен содержать сведения об источниках, использованных при выполнении работы, на которые обязательно по тексту должны быть ссылки. Он должен соответствовать теме курсовой работы и отражать все его аспекты, содержать основные опубликованные отечественные и зарубежные материалы, быть разнообразным по видам изданий (официальные, нормативные, справочные, учебные, научные, производственно-практические и др.). Источники, включенные в библиографический список, должны быть представлены современными изданиями – не более пяти лет от даты издания.

Приложения содержат вспомогательные материалы, объемные таблицы, которые не являются обязательными элементами основной части курсовой работы, промежуточные расчеты, тексты документов, анкеты, схемы и т. п.), которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть. На приложения в обязательном порядке должны быть сделаны ссылки в тексте. Все приложения должны быть пронумерованы. Номер проставляется в правом верхнем углу.

### **1.3. Требования к оформлению курсовой работы**

Особое внимание необходимо обращать на порядок оформления курсовой работы. Курсовая работа оформляется в текстовом редакторе Microsoft Word. В тексте допускаются только общепринятые сокращения слов.

К защите представляется курсовая работа, оформленная в соответствии с общепринятыми требованиями, предъявляемыми к контрольным, курсовым, выпускным квалификационным и научным работам.

Курсовая работа должна быть оформлена в печатном виде в папке-скоросшивателе. Нумерация страниц обязательна. Номер страницы проставляется по центру нижнего поля арабскими цифрами. Титульный лист, содержание включают в общую нумерацию страниц курсовой работы, но номер страницы на них не проставляется. Таким образом, первой страницей считается титульный лист, но номер страницы проставляется с первой страницы введения. Последним листом работы нумеруется последний лист списка использованных источников. Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, нумеруются и включаются в общую нумерацию страниц.

К бумажному варианту обязательно прилагается электронный вариант и отчет о результатах заимствования в системе Антиплагиат (оригинальность – не менее 65 %).

Общий объем курсовой работы должен составлять 30-35 страниц компьютерного набора.

Текст работы печатается на одной стороне листа бумаги формата А4. Ориентация – книжная. Использовать альбомную ориентацию разрешается только для объемных таблиц, однако текст, описывающий или характеризующий данную таблицу, должен иметь книжную ориентацию, то есть располагаться на следующем листе.

Работа должна быть написана ясно, не содержать ошибок, помарок и исправлений. При этом используются следующие параметры: шрифт – Times New Roman, размер шрифта (кегель) – 14, межстрочный интервал – 1,5; поля: слева -30 мм, справа 15 мм, сверху и снизу по 20 мм, параметры абзаца: первая строка (красная строка) – 1,25 см, выравнивание - по ширине, интервал перед и после – 0. Обязательно должен быть включен автоматический перенос слов.

Титульный лист заполняется по установленной в высшем учебном заведении форме (приложение 2). На второй странице размещают содержание работы с указанием страниц (приложение 3).

Введение, каждую главу, заключение и список использованных источников начинают с новой страницы (листа). Параграфы внутри глав с новой страницы начинать не следует. Один параграф от другого отделяется тремя 1,5 интервалами. Главы должны быть пронумерованы арабскими цифрами. После номера главы ставится точка. Точка в конце заголовка главы не ставится. Параграфы следует нумеровать арабскими цифрами в пределах каждой главы, в конце номера параграфа также ставят точку, например «1.1.» (первый параграф первой главы). Заголовки глав печатаются прописными буквами, заголовки параграфов – строчными, кроме первой прописной и

выделяются жирным шрифтом. Слова в заголовке не переносятся. Приложения не нумеруются ни в содержании, ни в тексте.

Заголовок параграфа не отделяется от заголовка главы. Текст работы от заголовка параграфа отделяется одним полуторным интервалом. Один параграф от другого отделяется тремя полуторными интервалами.

Текст курсовой работы должен быть кратким точным и не допускать различных толкований. В тексте следует пользоваться принятой математической, экономической и другой терминологией. В тексте работы следует придерживаться определенной стилистики изложения, применяя такие словосочетания, как «должен», «согласно», «следует», «следует отметить, подчеркнуть», «необходимо», «целесообразно» и производные от них. Например, «на основе проведенного нами исследования», «полученные в результате исследования данные нами были обобщены и представлены» и т.д.

Не допускается применять в тексте курсовой работы обороты разговорной речи, произвольные словообразования, вести повествования от первого лица. Не допускается заменять слова буквенными обозначениями, применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке.

Допускается употребление без расшифровки только общепринятые текстовые сокращения или аббревиатуры, например: РФ, ГОСТ и т. п. Другие сокращения должны быть расшифрованы при первом упоминании в тексте. Например, Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН). Далее по тексту можно использовать лишь сокращение ЕГРН. В тексте курсовой работы все слова должны быть прописаны полностью.

Не допускается использовать в тексте сокращения: т. о. – таким образом; т. н. – так называемый и т. к. – так как.

Для текста работы не приемлемы кавычки вида " " или “ ”. Используются только кавычки типа « ».

Если в тексте даются перечисления, начинающиеся со знака дефис («—»), то он помещается с абзацного отступа, а следующая строка перечисления, не помещающегося на одной строке, начинается на уровне левого поля страницы. Для этого **ОБЯЗАТЕЛЬНО** использовать инструмент Word: «Маркированный список» с маркером «—».

При написании дат в тексте используется стандартная форма написания дат — 05.05.2015. Может быть применен словесно-цифровой способ оформления даты — 05 мая 2015 г. Десятилетия могут обозначаться несколькими способами. Например, 90-е годы XX века; в 2010–2015 гг.

Порядковые числительные, обозначаемые арабскими цифрами, пишутся с падежным окончанием. Например, 90-е годы; 3-й этап; 3-е, 4-е хозяйство; в 1-ю и 2-ю группы.

Римские цифры допускается применять только для обозначения сорта (категории, класса), валентности химических элементов, века, кварталов года, порядковых номеров конференций, годовщин, спортивных состязаний. В остальных случаях для установления числовых значений применяют арабские цифры.

Если в тесте курсовой работы необходимо привести диапазоны числовых значений некоторой величины, то обозначение единицы величины ставится за последним числом диапазона, за исключением знаков процента (%), температуры (°C), градусов (...°).

Не допускается отделять единицу величины от числового значения (разносить их на разные строки или страницы), кроме единиц величин, отраженных в таблицах.

Знаки равно, больше, умножить и т.д. необходимо выражать только словами в тексте, а математическое их написание ( $\geq$ ,  $=$ ,  $\leq$ ) допускается применять только в формулах.

Дефис (-) никогда не отбивается пробелами и используется только в сложных словах типа все-таки, эколого-ландшафтное зонирование, ГИС-технологии и подобных. Тире (–) используется во всех остальных

случаях и отбивается с двух сторон пробелами. Например, категория земель – это ... Пробелами никогда не отбиваются от предшествующего числа знаки %, показатели степени – 22, 33, ху, подстрочные индексы – Q1 и математические знаки – , =, + и т. д.

Цифровой материал необходимо оформить в виде таблиц. Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей, а также сопоставимости информации, полученной из разных источников. Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте. Они набираются шрифтом 12 «Times New Roman» через 1,0 интервал. Их нумеруют арабскими цифрами в пределах каждой главы. Над таблицей справа помещается слово «Таблица» с порядковым номером, например «Таблица 2.3» (третья таблица второй главы). Заголовок таблицы помещается под словом «Таблица» по центру, начинается с прописной буквы и после окончания точка не ставится. При длинных формулировках заголовка таблицы их следует написать через 1.0 интервал, подчеркивать и выделять жирным шрифтом заголовки не следует.

Столбцы в таблицах не нумеруются в том случае, если таблица не разбивается. При переносе таблицы на следующую страницу исходные данные по таблице следует повторить и над ней справа написать слова «Продолжение» и номер таблицы, например «Продолжение табл. 2.3».

На все таблицы в тексте должны быть ссылки. Если все абсолютные и относительные величины, приведенные в таблице, выражены в одних и тех же единицах, то обозначения единицы измерения помещают над таблицей в круглых скобках. Обозначения единицы абсолютной или относительной величины, общей для всех данных в строке или графе, вписывают в соответствующей строке или графе. В таблице отдельно графу «номер по порядку» не выделяют. Все показатели нумеруются по порядку в графе «Показатели». Во всех случаях обязателен анализ таблицы. В таблицах и в тексте «слово «год» пишут в сокращенном виде «г.», например «в 2019 г.».

Все иллюстрации (графики, карты, диаграммы, схемы, фотографии, экранные формы), помещаемые в тексте курсовой работы, именуются рисунками. Графики, схемы, диаграммы должны быть сделаны с применением приложения «Мастер диаграмм». Рисунки располагаются в тексте после первой ссылки на них или сразу на следующей странице.

Все иллюстрации должны быть пронумерованы арабскими цифрами. Номер и название помещаются под иллюстрацией после перечня условных обозначений, например «Рис. 1.2» (второй рисунок первой главы).

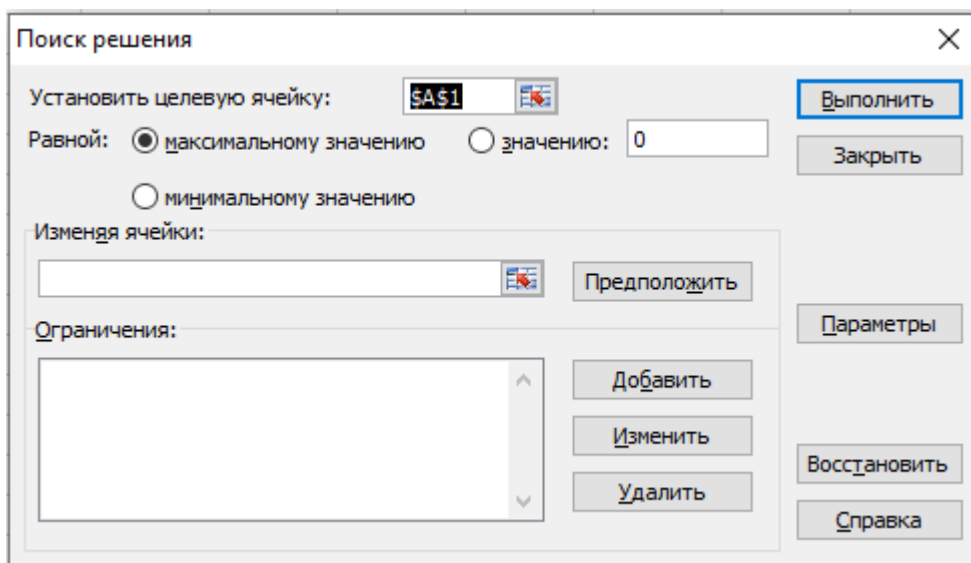


Рис. 1.2. Окно «Поиск решения»

Формулы и уравнения выделяются из текста в отдельную строку и располагаются по центру сразу после ссылки в тексте. Если уравнение не вмещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (·), деления (÷), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяется.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов приводят непосредственно под формулой в той последовательности, в какой они даны в формуле. Формулы в тексте следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах главы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Например, (3.1) означает, что данная формула является

первой формулой третьей главы. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки. Первая строка пояснения начинается со слова «где» без двоеточия после него. Вставляется формула в текст работы с помощью объект Microsoft Equation (меню Вставка → Формула). Например:

$$F_n(t) = \max \begin{cases} r(t), C \\ S(t) - P + r(0), 3 \end{cases} \quad (3.1)$$

где  $r(t)$  – доход от эксплуатации в течение одного года оборудования возраста  $t$  лет;

$S(t)$  – остаточная стоимость оборудования;

$P$  – цена нового оборудования;

$C$  – сохранить;

$3$  – заменить.

В приложения включают материалы, связанные с выполнением работы, но которые имеют большой объем и носят вспомогательный характер.

В приложении могут быть помещены:

- таблицы вспомогательных данных;
- описание методик расчетов, инструкции;
- иллюстрации вспомогательного характера.

Приложения располагают в порядке появления ссылок в тексте работы.

Каждое приложение должно начинаться с новой страницы с указанием наверху справа страницы слова «Приложение 1» и его обозначения. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста (по центру) с прописной буквы отдельной строкой.

Список использованных источников (приложение 5) должен содержать не менее 15 наименований. Список оформляется по библиографическим правилам. В список должны быть включены в себя перечень литературы и других источников, использованных при выполнении курсовой работы. Недопустимо включение в список источников, на которые нет ссылки в тексте курсовой работы.

По ходу изложения источников в тексте курсовой работы должны быть ссылки на литературные источники, с указанием порядковых номеров, которые указываются в квадратных скобках в соответствии со списком использованных источников в квадратных скобках после цитат, точка ставится после второй скобки.

Например, если ссылка на источник в тексте, но не на конкретный фрагмент текста из источника, тогда ссылка оформляется следующим образом: для установления тесноты связи рассчитывают линейный коэффициент корреляции ( $r$ ), который дает возможность определить полезность факторных признаков [4].

Если ссылка приводится на конкретный фрагмент текста из источника, в скобках указываются страницы, разделяя запятой, например, [9, с. 10].

Если ссылка приводится на несколько источников, тогда номера источников из списка указываются через запятую, например, [4,6].

Порядок расположения использованных литературных источников подчиняется строго определенным правилам. В начале списка помещают библиографические описания документов и материалов законодательной и исполнительной власти. После этого, в алфавитном порядке следуют отечественные и зарубежные работы, изданные на русском языке. В конце списка по латинскому алфавиту указывают книги и статьи, опубликованные на иностранных языках [6].

При алфавитном порядке расположения произведений библиографические описания дают по алфавиту фамилий авторов или заглавий книг.

Документы законодательной и исполнительной власти приводят в следующей последовательности:

1. Конституция Российской Федерации.
2. Федеральные законы и кодексы.
3. Законы субъектов Федерации.
4. Указы Президента Российской Федерации.

5. Постановления и распоряжения Правительства Российской Федерации.

6. Подзаконные акты федеральных органов исполнительной власти.

7. Нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации.

8. Нормативные правовые акты органов местного самоуправления.

Библиографическое описание книг, статей, специальных видов нормативно-технической документации, диссертаций, авторефератов и статистических источников в списке приводят по алфавиту фамилий авторов или заглавий работ.

Объектами составления библиографического описания являются все виды опубликованных документов на любых носителях. Сведения для библиографического описания берутся с титульного листа издания.

#### **Ссылки на учебную и научную литературу:**

##### *Учебная литература одного автора*

1. Яроцкая, Е. В. Экономико-математические методы и моделирование : учеб. пособие / Е. В. Яроцкая. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – 176 с.

##### *Учебная литература нескольких авторов*

2. Барсукова, Г. Н. Землеустройство : учеб. пособие / Г. Н. Барсукова, К. А. Юрченко. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – 199 с.

##### *Научная литература одного автора*

3. Липски, С. А. Земельные отношения и особенности государственной земельной политики в современной России (теория, методология, практика) : монография / С. А. Липски. – М. : ГУЗ, 2014. – 300 с.

##### *Научная литература нескольких авторов*

4. Агропроизводственный рынок региона: теория и практика / П. Ф. Парамонов, Ю. Е. Стукова, А. В. Толмачев [и др.] : монография. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 429 с.

#### **Ссылки на статьи в журналах, сборниках:**

##### *Статья одного автора в журнале*

1. Барсукова, Г. Н. Особенности адаптивно-ландшафтной организации территории сельскохозяйственных предприятий Краснодарского края в условиях трансформации земельных отношений / Г. Н. Барсукова // Никоновские чтения. – 2014. – № 19. – С. 200–202.

*Статья нескольких авторов в журнале*

2. Бершицкий, Ю. И. Роль земельного фактора в производстве сельскохозяйственной продукции / Ю. И. Бершицкий, Г. Н. Барсукова, А. Р. Пшизова // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. 5. Экономика. – 2013. – № 3 (127). – С. 196–204.

*Статья в сборнике трудов, конференции*

3. Ломакин, С. В. Направления технологического развития в землеустройстве и кадастрах / С. В. Ломакин // Актуальные проблемы природообустройства, кадастра и землепользования : материалы междунар. науч.-практ. конф. / ВГАУ им. Императора Петра I. – Воронеж, 2016. – С. 161-167.

#### **Ссылки на электронные ресурсы:**

1. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – Режим доступа : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28399/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/)

2. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – Режим доступа : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/)

3. О государственной регистрации недвижимости : федер. закон от 13.07.2015 № 48 218-ФЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – Режим доступа : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_182661/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/)

4. Об основах регулирования земельных отношений в Краснодарском крае : Закон Краснодарского края от 05.11.2002 № 532-КЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – Режим доступа : <http://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc&base=RLAW177&n=13494#0>

5. Город Горячий Ключ [Электронный ресурс] // Официальный сайт МО г. Горячий Ключ. – Режим доступа: <http://www.gorkluch.ru/city/>.

6. Схемы территориального планирования Российской Федерации [Электронный ресурс] // Федеральная государственная информационная система территориального планирования. – Режим доступа: <http://fgis.economy.gov.ru/fgis/Strategis.FGISTestPageFGIS.aspx>

Ссылки нужно указывать на всех авторов, монографии, статьи и учебные пособия которых используются в тексте.

Подпись и дата завершения работы ставятся на последнем листе.

Объем курсовой работы должен быть от 30 до 35 страниц компьютерного набора, не включая список использованных источников.

Законченную курсовую работу необходимо проверить на плагиат с помощью программного комплекса «Антиплагиат» для проверки текста на наличие заимствований из открытых источников.

Выполненная в соответствии с требованиями по содержанию и оформлению курсовая работа сдается на кафедру. Научный руководитель проверяет курсовую работу в течение 10 дней. Проверенная работа выдается студенту вместе с рецензией (приложение 4). Качество работы оценивается, прежде всего, по тому, насколько самостоятельно, правильно и полно студентом раскрыто содержание темы, описаны, проанализированы и решены проблемные ситуации, решена практическая задача, а также по результатам публичной ее защиты. В результате проверки научный руководитель дает общую оценку работы по трем вариантам:

- «к защите» (если нет замечаний преподавателя);
- «к защите после доработки» (в этом случае преподаватель указывает замечания по курсовой работе, а студент в соответствии с замечаниями вносит незначительные исправления и допускается к защите работы);
- «на доработку» (в этом случае студент согласно замечаниям преподавателя основательно дорабатывает свой вариант и сдает курсовую работу на повторную проверку на кафедру).

Защита курсовой работы осуществляется в установленные руководителем сроки, в присутствии комиссии (научный руководитель, преподаватели кафедры). Защита предполагает краткое изложение студентом содержания работы (доклад), а также ответы на возникшие у присутствующих вопросы по сути курсовой работы.

На защите курсовой работы студент должен уметь объяснить алгоритм решения задачи, последовательность выполненных расчетов и обосновать собственное мнение. Для успешной защиты курсовой работы студент должен свободно ориентироваться в представленном материале, внимательно ознакомиться с рецензией и тщательно проработать указанные в ней замечания и отмеченные недостатки. Результат защиты курсовой работы оценивается оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» на основании:

- представленной к защите работы,
- доклада студента,
- отзыва руководителя,
- ответы на вопросы членов комиссии.

Оценку «отлично» получают те работы, которые выполнены в срок и на высоком теоретическом и прикладном уровне; выполнены все требования к написанию курсовой работы (обозначена актуальность, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, соблюдены требования к оформлению, отсутствуют ошибки в вычислениях в практической части, полностью отсутствуют грамматические и стилистические ошибки). При защите получены исчерпывающие ответы на заданные вопросы.

Оценка «хорошо» ставится тогда, когда работа сдана в срок и в ней полно и всесторонне освещаются вопросы темы, но отсутствует высокий уровень аналитической работы должной степени творчества; основные требования выполнены, но при этом допущены недочеты, имеются упущения в оформлении. На защите студент показывает владение теоретическим и

практическим материалом, но допускает неточности при ответе на заданные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» ставится тогда, когда работа сдана с нарушением срока, имеются существенные отступления от требований к написанию работы. Студент не показал умения применять теоретические знания на практике, не может ответить на замечания рецензента, не в состоянии дать объяснения выводам и теоретическим положениям данной работы. Основные положения работы раскрыты не полностью. При защите допускает неточности и ошибки при ответе на заданные вопросы.

Работы, оцененные по результатам защиты на «неудовлетворительно», рекомендуются к повторной защите после дополнительного осмысливания вопросов и проблем, затронутых в курсовой работе.

После выполнения курсовой работы и ее защиты студент допускается к сдаче экзамена по дисциплине «Экономико-математическое моделирование».

#### **1.4. Рекомендуемые источники**

1. Акулич, И.А. Математическое программирование в примерах и задачах / И.А. Акулич. - М. : Высшая школа, 1986. – 319 с.
2. Аронович, А.Б. Сборник задач по исследованию операций / А.Б. Аронович, М.Ю. Афанасьев, Б.П. Суворов. – М.: МГУ, 1997. – С. 256.
3. Давыдов, Э.Г. Исследование операций / Э.Г. Давыдов. - М.: Высшая школа, 1990. – 382 с.
4. Исследование операций в экономике. Учебное пособие для вузов / Под ред. Н.Ш. Кремера. – М.: Юнити, 2003. – 407 с.
5. Красс, М.С. Математика для экономистов / М.С. Красс, Б.П. Чупрынов – Спб. : Питер, 2008. – 464 с.

6. Кремера, Н.Ш. Исследование операций в экономике: учеб. пособие / под ред. Н.Ш. Кремера. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юнити, 2011. – 403 с.
7. Невежин, В.П. Сборник задач по курсу «Экономико-математическое моделирование» / В.П. Невежин, С.И. Кружилов. – М.: Городец, 2005. – 320 с.
8. Орлова, И.В. Экономико-математическое моделирование: Практическое пособие по решению задач./ И.В. Орлова. – М. : Вузовский учебник, 2008.- 144 с.
9. Попов, А.М. Экономико-математические методы и модели: учебник для бакалавров/ А.М. Попов, В.Н. Сотников; под ред. проф. А.М. Попова. – М. : Юрайт, 2011. – 479 с.
10. Сысоев, В. В. Теоретико-игровые модели принятия решений многоцелевого управления в задачах выбора и распределения ресурсов / В.В. Сысоев. - Воронеж. гос. технол. акад., 2000. – 60 с.
11. Таха Х. Введение в исследование операций / Х. Таха. – М.: Вильямс, 2003. – 407 с.
12. Шапкин, А.С. Математические методы и модели исследования операций: учебник / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин. – 5-е изд. – М. : Дашков и К, 2009. – 400 с.

### **Программное обеспечение**

Офисные программы: Microsoft Office 2007; Microsoft Office 2010, Microsoft Office 2013, Microsoft Visual Studio 2008-2015, по программе MS DreamSpark MS Project Professional 2016, по программе MS DreamSpark, MS Visio 2007-2016, по программе MS DreamSpark, MS Access 2010-2016, по программе MS DreamSpark MS Windows, 7 pro 8 pro 10 pro, AutoCAD, Irbis, My Test, BusinessStudio 4.0, 1С: Предприятие 8. Сельское хозяйство. Комплект для обучения в высших и средних УЗ (обновление 2017г), Консультационно-справочные службы Гарант (обновление 2017 г.), Консультант (обновление 2017 г.), SuperNovaReaderMagnifier (Программа

экранного увеличения с поддержкой речи для лиц с ограниченными возможностями).

**Информационные технологии, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

1. Пакет прикладных программ «Microsoft Office 2007»
2. ЭБС «Издательство Лань» <http://e.lanbook.com>
3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». <http://window.edu.ru/>
4. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов.  
<http://schoolcollection.edu.ru/>

## **2. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

### **Вариант 1. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 7,95 кг, перевариваемый протеин – 857 г, каротин – 330 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

### **Вариант 2. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 8,27 кг, перевариваемый протеин – 892 г, каротин – 344 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

### **Вариант 3. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 8,43 кг, перевариваемый протеин – 910 г, каротин – 351 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

#### **Вариант 4. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 8,64 кг, перевариваемый протеин – 932 г, каротин – 359 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

#### **Вариант 5. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 8,83 кг, перевариваемый протеин – 955 г, каротин – 367 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

### **Вариант 6. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 9,06 кг, перевариваемый протеин – 978 г, каротин – 377 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

### **Вариант 7. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 9,25 кг, перевариваемый протеин – 998 г, каротин – 385 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

### **Вариант 8. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 9,49 кг, перевариваемый протеин – 1024 г, каротин – 395 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

### **Вариант 9. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 9,84 кг, перевариваемый протеин – 1061 г, каротин – 409 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

### **Вариант 10. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 10,18 кг, перевариваемый протеин – 1099 г, каротин – 440 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

### **Вариант 11. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 8,05 кг, перевариваемый протеин – 857 г, каротин – 335 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

## **Вариант 12. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 8,3 кг, перевариваемый протеин – 892 г, каротин – 350 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

## **Вариант 13. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 8,43 кг, перевариваемый протеин – 915 г, каротин – 360 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

#### **Вариант 14. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 8,64 кг, перевариваемый протеин – 932 г, каротин – 365 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

#### **Вариант 15. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 8,9 кг, перевариваемый протеин – 955 г, каротин – 370 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

#### **Вариант 16. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 9,06 кг, перевариваемый протеин – 978 г, каротин – 380 мг. 56

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

### **Вариант 17. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 9,25 кг, перевариваемый протеин – 1000 г, каротин – 390 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

### **Вариант 18. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 9,5 кг, перевариваемый протеин – 1024 г, каротин – 400 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

### **Вариант 19. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 9,84 кг, перевариваемый протеин – 1061 г, каротин – 420 мг.

### **Вариант 20. Оптимизация кормового рациона**

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

Перечень культур, содержание питательных веществ, а также стоимость 1 кг корма приведена в табл.2.1.

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: кормовые единицы – 10,18 кг, перевариваемый протеин – 1099 г, каротин – 450 мг.

Необходимо рассчитать оптимальный кормовой рацион при минимальной себестоимости рациона.

Таблица 2.1

Питательность и стоимость кормов (для вариантов 1-20)

| Наименование                  | Содержится в 1 кг корма |                           |             | Стоимость<br>1 кг, ден.ед. |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------|----------------------------|
|                               | к.ед., кг               | перевариваемый 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 клеверно-<br>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                      |

## Варианты 21-40. Оптимизация структуры посевных площадей

Себестоимость и цена реализации продукции представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Себестоимость и цена реализации с.-х. продукции

| Показатель                         | Пшеница | Ячмень | Гречиха | Многолетние травы |         | Кукуруза на силос | Картофель |
|------------------------------------|---------|--------|---------|-------------------|---------|-------------------|-----------|
|                                    |         |        |         | на зеленый корм   | на сено |                   |           |
| А                                  | 2       | 3      | 4       | 5                 | 6       | 7                 | 8         |
| 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 (табл. 2.3).

Таблица 2.3

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 |                   |           |
|         | 1                    | 2                 | 3      | 4       | 5                 | 6       | 7                 | 8         |
| 21      | 11000                | 25                | 20     | 22      | 90                | 25      | 300               | 150       |
| 22      | 12700                | 21                | 19     | 20      | 81                | 22      | 250               | 142       |
| 23      | 11200                | 24                | 21     | 19      | 85                | 23      | 260               | 140       |
| 24      | 14500                | 19                | 17     | 18      | 78                | 21      | 210               | 120       |
| 25      | 10100                | 27                | 24     | 21      | 95                | 26      | 290               | 145       |
| 26      | 10500                | 26                | 22     | 17      | 91                | 24      | 310               | 110       |
| 27      | 13800                | 22                | 18     | 23      | 100               | 28      | 230               | 115       |
| 28      | 12500                | 23                | 16     | 24      | 80                | 20      | 280               | 156       |
| 29      | 11000                | 27                | 25     | 25      | 98                | 19      | 270               | 130       |
| 30      | 15000                | 18                | 15     | 17      | 82                | 23      | 290               | 125       |
| 31      | 9600                 | 28                | 24     | 20      | 105               | 27      | 240               | 128       |
| 32      | 14100                | 19                | 18     | 19      | 88                | 22      | 230               | 135       |
| 33      | 9200                 | 29                | 26     | 26      | 110               | 28      | 320               | 160       |
| 34      | 10200                | 27                | 24     | 21      | 78                | 20      | 340               | 120       |
| 35      | 14800                | 19                | 15     | 16      | 86                | 19      | 220               | 105       |
| 36      | 10700                | 28                | 26     | 19      | 95                | 28      | 300               | 136       |
| 37      | 12200                | 23                | 18     | 16      | 101               | 29      | 320               | 121       |
| 38      | 14200                | 19                | 21     | 17      | 110               | 28      | 295               | 125       |
| 39      | 13500                | 22                | 19     | 21      | 85                | 26      | 283               | 132       |
| 40      | 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 выбрать такую структуру посевных площадей сельскохозяйственных культур, которая бы отвечала требованиям принятых севооборотов и обеспечивала бы получение максимального чистого дохода.

### Варианты 41-60. 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 (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Нормы расхода питательных веществ и зоотехнические допустимые границы содержания отдельных групп и видов кормов в рационе

| Группа скота | Норма 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                                         | перевариваемый протеин, кг |               | концентраты                                                                                   | грубые   | силос    | корнеплоды | зеленые  |
|              | 1                                               | 2                          | 3             | 4                                                                                             | 5        | 6        | 7          | 8        |
| Дойное стадо | 1,16                                            | 12,3                       | Мин.<br>Макс. | 19<br>27                                                                                      | 17<br>25 | 20<br>25 | 2<br>5     | 30<br>35 |

В табл. 2.5 отражена питательная ценность каждого вида корма.

Таблица 2.5

Питательная ценность кормов

| Корма                          | Содержание в 1 ц |                            |
|--------------------------------|------------------|----------------------------|
|                                | к. ед. ц         | перевариваемый протеин, кг |
|                                | 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 трава 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 табл. 2.6.

Таблица 2.6

Урожайность 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 |
|            | 1                 | 2       | 3      | 4            | 5                        | 6                                 | 7                                  | 8                         | 9                                 | 10                | 11        | 12         | 13                | 14       |
| 41         | 22                | 21      | 23     | 20           | 19                       | 15                                | 22                                 | 25                        | 90                                | 250               | 100       | 90         | 150               | 10       |
| 42         | 21                | 20      | 23     | 19           | 20                       | 14                                | 21                                 | 24                        | 88                                | 270               | 98        | 100        | 140               | 9        |
| 43         | 20                | 19      | 22     | 21           | 20                       | 13                                | 22                                 | 23                        | 91                                | 260               | 110       | 110        | 130               | 12       |
| 44         | 19                | 25      | 24     | 22           | 18                       | 12                                | 20                                 | 25                        | 90                                | 250               | 90        | 120        | 120               | 11       |
| 45         | 18                | 24      | 25     | 21           | 19                       | 11                                | 21                                 | 23                        | 91                                | 270               | 120       | 130        | 110               | 10       |
| 46         | 17                | 23      | 22     | 24           | 21                       | 10                                | 25                                 | 26                        | 95                                | 310               | 120       | 140        | 100               | 9,5      |
| 47         | 16                | 24      | 24     | 21           | 18                       | 9                                 | 22                                 | 24                        | 90                                | 250               | 100       | 150        | 90                | 10       |
| 48         | 15                | 27      | 28     | 25           | 20                       | 16                                | 21                                 | 25                        | 91                                | 265               | 89        | 160        | 80                | 12       |
| 49         | 14                | 25      | 26     | 24           | 21                       | 17                                | 20                                 | 22                        | 95                                | 240               | 100       | 170        | 150               | 8        |
| 50         | 23                | 24      | 25     | 23           | 18                       | 18                                | 20                                 | 26                        | 97                                | 220               | 85        | 180        | 140               | 9        |
| 51         | 24                | 25      | 25     | 22           | 19                       | 15                                | 23                                 | 26                        | 98                                | 300               | 120       | 190        | 130               | 12       |
| 52         | 25                | 24      | 26     | 22           | 20                       | 14                                | 24                                 | 27                        | 90                                | 310               | 140       | 200        | 120               | 13       |
| 53         | 26                | 20      | 24     | 26           | 20                       | 13                                | 23                                 | 25                        | 95                                | 300               | 150       | 210        | 110               | 12       |
| 54         | 27                | 21      | 26     | 23           | 17                       | 12                                | 25                                 | 27                        | 100                               | 310               | 140       | 220        | 100               | 12       |
| 55         | 28                | 24      | 30     | 25           | 21                       | 11                                | 26                                 | 30                        | 110                               | 300               | 130       | 230        | 90                | 13       |
| 56         | 27                | 25      | 30     | 26           | 20                       | 10                                | 27                                 | 32                        | 120                               | 250               | 110       | 240        | 80                | 12       |
| 57         | 22                | 31      | 32     | 25           | 20                       | 9                                 | 26                                 | 30                        | 120                               | 280               | 130       | 250        | 150               | 14       |
| 58         | 21                | 30      | 34     | 26           | 22                       | 16                                | 30                                 | 32                        | 130                               | 300               | 120       | 260        | 140               | 15       |
| 59         | 20                | 30      | 35     | 27           | 24                       | 17                                | 30                                 | 34                        | 140                               | 280               | 130       | 270        | 130               | 13       |
| 60         | 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 табл. 6.

Таблица 6

Производственные затраты зернофуражных и кормовых культур

| Кормовые культуры и уголья         | Производственные затраты, ден. ед./ц |
|------------------------------------|--------------------------------------|
|                                    | 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                                   |

### Вариант 61. Оптимальный план посевов кормовых культур.

Распределить посевы кормовых культур по 4 участкам земли различного плодородия таким образом, чтобы сбор кормов (в кормовых единицах) был максимальным. Исходные данные приведены в таблице.

| Культуры                  | Урожайность культур по участкам, ц корм. ед. с 1 га |      |      |      | Площадь посева, с га |
|---------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|------|----------------------|
|                           | I                                                   | II   | III  | IV   |                      |
| Кукуруза на силос         | 31                                                  | 313  | 445  | 42   | 1350                 |
| Вико-овсянная смесь       | 18                                                  | 15   | 25   | 22   | 1200                 |
| Однолетние травы на сено  | 16                                                  | 13   | 15   | 11   | 1300                 |
| Картофель                 | 22                                                  | 33   | 254  | 32   | 190                  |
| Кормовые бахчи            | 15                                                  | 26   | 19   | 24   | 660                  |
| Многолетние травы на сено | 17                                                  | 21   | 17   | 23   | 1900                 |
| Площади участков, га      | 2500                                                | 1200 | 1400 | 1800 |                      |

Как изменится сбор кормов если:

- 1) не менее половины площади посева однолетних трав должно быть размещено на 3-м участке;
- 2) посевы вико-овсяной смеси на 4-м участке должны составлять точно 500 га;
- 3) весь картофель следует разместить на 4-м участке;
- 4) посевы кукурузы на 2-м участке должны занимать не более 120 га.

### Вариант 62. Оптимизация посевов сельскохозяйственных культур.

На пашне хозяйства выделено 4 категории земель. Необходимо разместить посевы сельскохозяйственных культур на выделенных

категориях, чтобы суммарный чистый доход был максимальный. Посевная площадь сельскохозяйственных культур в га равна соответственно 340, 190, 320, 430, 270. Площадь категорий в га равна соответственно 420, 380, 470, 390. Чистый доход на 1 га при возделывании культур в таблице.

| Культуры          | Чистый доход по категориям земель, руб./га |     |     |     |
|-------------------|--------------------------------------------|-----|-----|-----|
|                   | I                                          | II  | III | IV  |
| Занятый пар       | 110                                        | 120 | 100 | 210 |
| Озимая пшеница    | 140                                        | 160 | 210 | 320 |
| Сахарная свекла   | 430                                        | 280 | 190 | 120 |
| Кукуруза на силос | 250                                        | 220 | 250 | 180 |
| Ячмень            | 70                                         | 120 | 120 | 170 |

Как изменится чистый доход, если свеклы на III категории земли должна быть не менее 160 га, а озимой пшеницы на II категории земли не более 210 тонн.

### Вариант 63. Оптимальный план распределения культур на землях различной категории

В сельскохозяйственном предприятии на пахотных землях выделено пять категорий различной степени эродированности. Площадь земель различной категории: 1-980 га, 2-710 га, 3-220 га, 4-100 га, 5-100 га.

Необходимо так разместить культуры на землях различной категории, чтобы смыв с поверхности почвы был минимальным. Дополнительная исходная информация дана в таблице.

| Культуры          | Интенсивность смыва почв при размещении на землях определенной категории определенной культуры, т/га-год |      |      |      |      | Площади культур |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|-----------------|
|                   | Категории земель                                                                                         |      |      |      |      |                 |
|                   | 1                                                                                                        | 2    | 3    | 4    | 5    |                 |
| Озимая пшеница    | 1,8                                                                                                      | 4,7  | 10,2 | 30,5 | 61,4 | 340             |
| Ячмень            | 2,4                                                                                                      | 6,3  | 12,0 | 34,0 | 64,0 | 560             |
| Многолетние травы | 0,2                                                                                                      | 0,8  | 2,4  | 4,8  | 6,4  | 510             |
| Однолетние травы  | 2,3                                                                                                      | 6,3  | 11,8 | 33,5 | 64,0 | 360             |
| Пар чистый        | 3,8                                                                                                      | 10,0 | 30,0 | 60,0 | 80,0 | 340             |

### Вариант 64. Оптимальный рацион кормления откормочного поголовья

При агроэкономическом обследовании проекта внутрихозяйственного землеустройства возникла необходимость оптимизировать рационы кормления откормочного поголовья. При откорме скота каждое животное должно получать в сутки не менее определенного количества питательных веществ, солей, витаминов, микроэлементов и т.п. Суточное потребление некоторых из них ограничено сверху. Хозяйство может заготовить 4 вида

кормов (K1, K2, K3, K4). Минимальная суточная потребность и максимально допустимое количество необходимых веществ на 1 голову скота, их содержимое в каждом виде корма, а также стоимость единицы каждого вида корма приведены в таблице. Необходимо найти такое сочетание кормов в дневном рационе 1 головы скота, которое потребует минимума затрат на их производство.

| Виды веществ, единицы измерения  | Суточная потребность на 1 гол.    |                                    | Содержание указанных веществ в 1 кг различных видов корма |     |      |      |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----|------|------|
|                                  | Минимально необходимое количество | Максимально необходимое количество | K1                                                        | K2  | K3   | K4   |
| B1, кг                           | 10                                | 12                                 | 0,3                                                       | 0,4 | 0,2  | 0,2  |
| B2, мг                           | 15                                | Любое                              | 3                                                         | 0   | 6    | 2    |
| B3, кг                           | 5                                 | 7                                  | 0,2                                                       | 0,1 | 0,15 | 0,3  |
| B4, кг                           | 1,5                               | 2                                  | 0,1                                                       | 0,2 | 0,1  | 0,05 |
| B5, г                            | 3                                 | Любое                              | 0,5                                                       | 1   | 0    | 1,5  |
| B6, мг                           | 4                                 | 5                                  | 1                                                         | 2   | 4    | 0    |
| Себестоимость каждого вида корма |                                   |                                    | 5                                                         | 4   | 2    | 3    |

#### **Вариант 65. Оптимальный план закрепления хозяйств за сахарными заводами.**

В агропромышленном комплексе 4 сахарных завода и 5 сельскохозяйственных организаций. Запасы производства хозяйств в тоннах составляют соответственно 2400, 1100, 670, 1100, 2200 тонн. Переработка на заводах составляет соответственно 2600, 3200, 2250, 1960 тонн. Определить наиболее целесообразный вариант закрепления указанных хозяйств за сахарными заводами, при которых полная себестоимость производства сахара будет минимальной. Полная себестоимость сахара в тыс. руб. за 1 тонну в таблице.

| Сельскохозяйственные организации | Сахарные заводы |            |            |                 |
|----------------------------------|-----------------|------------|------------|-----------------|
|                                  | «Клеман-ский»   | «Ленс-кий» | «Надеж-да» | «Михайлов-ский» |
| Правда                           | 0,55            | 0,52       | 0,64       | 0,58            |
| Искра                            | 0,73            | 0,74       | 0,37       | 0,64            |
| Октябрь                          | 0,57            | 0,43       | 0,57       | 0,79            |
| Звезда                           | 0,64            | 0,32       | 0,46       | 0,54            |
| Мир                              | 0,39            | 0,42       | 0,58       | 0,43            |

Как изменится себестоимость, если поставка свеклы из организации «Правда» на завод «Надежда» должна быть не менее 400 тонн, а из организации «Мир» на завод «Ленский» не более 600 тонн.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАДАЧИ

#### 3.1. Экономико-математическая модель задачи оптимизации структуры и размещения посевных площадей

##### 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 табл. 3.1.

Таблица 3.1

Исходная информация

| Культуры                             | Урожайность,<br>ц/га | Трудоемкость,<br>чел.-дн./ц | Себесто-<br>имость,<br>ден. ед/ц | Цена<br>реализации,<br>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<br>корнеплоды               | 200                  | 0,6                         | 2                                | 2                                |
| Однолетние травы<br>на сено          | 20                   | 0,3                         | 1,5                              | 3                                |
| Однолетние травы<br>на зеленый корм  | 50                   | 0,1                         | 0,5                              | 0,7                              |
| Многолетние травы<br>на сено         | 30                   | 0,2                         | 2                                | 3,5                              |
| Многолетние травы<br>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. Введем обозначения:

$x_1$  - 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:*

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

или

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

### 3.2. Экономико-математическая модель 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 табл. 3.2.

Таблица 3.2

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

4. Ограничение по удельному весу:

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

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

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

5. Условие неотрицательности переменных

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

Целевая функция - минимальная себестоимость рациона:

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

### 3.3. Экономико-математическая модель 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 скормливания 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 табл. 3.3.

Таблица 3.3

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               | 32,25           | 2,204                 | 42,8              | 173,67                        |
| солома                      | 3,86            | 0,128                 |                   |                               |
| Овес: зерно                 | 28,67           | 2,293                 | 33,1              | 154,41                        |
| солома                      | 3,03            | 0,137                 |                   |                               |
| 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 табл. 3.4.

Таблица 3.4

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:*

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

*2. Условия по площади естественных кормовых угодий:*

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

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

*3. Условия по приобретению кормов:*

$$4) \text{ комбикорма: } x_{18} \leq 18000$$

*4. Условия по обеспечению животноводства питательными веществами:*

5) кормовыми единицами:

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

$$x_{19} \geq 137800$$

6) переваримым протеином:

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

*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:

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

## 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ

### 4.1. Составление математической модели задачи об оптимизации плана выпуска продукции

Фирма «Молот» получила заказ на изготовление деталей двух видов из цинка, меди и олова. Запасы сырья и прибыль от реализации каждого изделия внесены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Исходные данные выпуска продукции

| Сырьё                     | Продукция<br>(расходы сырья на единицу продукции, кг) |       | Запасы<br>сырья, кг |
|---------------------------|-------------------------------------------------------|-------|---------------------|
|                           | $P_1$                                                 | $P_2$ |                     |
| Цинк                      | 0,5                                                   | 1     | 100                 |
| Медь                      | 1                                                     | 1     | 120                 |
| Олово                     | 3                                                     | 1     | 300                 |
| Цена ед. продукции, руб.  | 300                                                   | 500   |                     |
| Количество продукции, ед. | $x_1$                                                 | $x_2$ |                     |

Найти план выпуска продукции, чтобы доход от её реализации был максимальный.

**Решение.** Построим математическую модель. Для этого введем следующие обозначения: через  $x_1$  – количество выпускаемой продукции первого вида,  $x_2$  – количество выпускаемой продукции второго вида,  $F$  – доход от реализации всей продукции.

Прибыль от реализации данной продукции равна  $F = 300x_1 + 500x_2 \rightarrow \max$ .

Тогда математическая модель задачи примет вид

$$F = 300 x_1 + 500 x_2 \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} 0,5x_1 + x_2 \leq 100, \\ x_1 + x_2 \leq 120, \\ 3x_1 + x_2 \leq 300, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

## 4.2. Оптимизация плана выпуска продукции средствами MS Excel

В настоящее время одним из наиболее известных способов численного решения задач линейного программирования является использование надстройки «Поиск решения» электронных таблиц Microsoft Excel.

При решении задачи линейного программирования симплекс-методом с использованием офисного приложения Microsoft Excel необходимо сначала ввести данные задачи. Для этого создается новая рабочая книга Microsoft Excel, в свободные ячейки которой вносятся коэффициенты целевой функции, левой части ограничений, значения правой части ограничений.

Экранная форма для ввода условий задачи имеет вид, представленный на рис. 4.1.

|   | А                   | В           | С   | Д           | Е            |
|---|---------------------|-------------|-----|-------------|--------------|
| 1 | Переменные          | x1          | x2  |             |              |
| 2 | Значения переменных | 0           | 0   | Значение ЦФ |              |
| 3 |                     |             |     |             |              |
| 4 | Коэффициенты ЦФ     | 300         | 500 |             |              |
| 5 |                     | Ограничения |     | Левая часть | Правая часть |
| 6 |                     | 0,5         | 1   |             | 100          |
| 7 |                     | 1           | 1   |             | 120          |
| 8 |                     | 3           | 1   |             | 300          |

Рис. 4.1. Экранная форма задачи

В ячейках В4:С4 находятся значения коэффициентов целевой функции; в массиве В6:С8 – коэффициенты левой части ограничений; в столбце Е6:Е8 значения правой части ограничений. Ячейки В2:С2 соответствуют переменным задачи, а в ячейке Е2 будет отображаться значение целевой функции. Сюда необходимо ввести формулу, по которой это значение рассчитывается, то есть  $300x_1 + 500x_2$ . Значение целевой функции рассчитывается, используя надстройку «Мастер функций» (рис. 4.2), а именно, функцию «СУММПРОИЗВ». Для этого необходимо выполнить

следующие действия:

- ✓ поставить курсор в поле **E2**;
- ✓ выбрать на панели инструментов кнопку  $fx$ ;
- ✓ в окне «Категория» выбрать «Математические»;
- ✓ в окне «Выберите функцию» - «СУММПРОИЗВ» и нажать «ОК»;

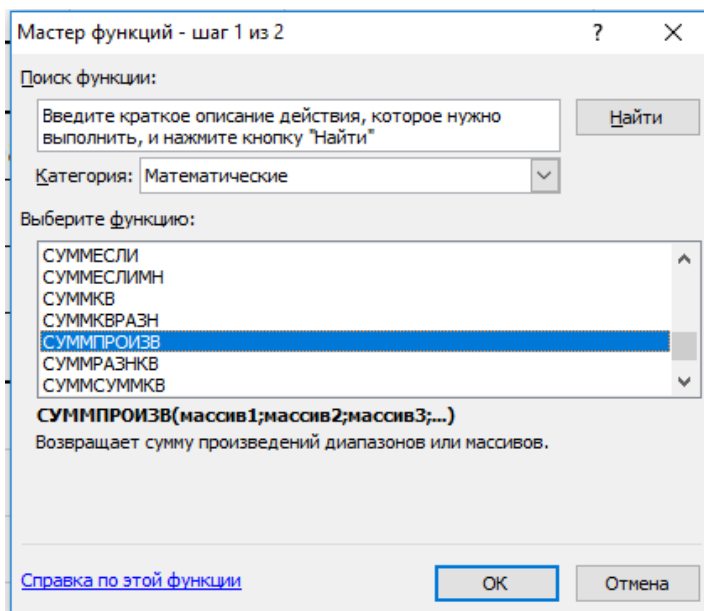


Рис. 4.2. Мастер функций

- ✓ ввести аргументы функции: в строку «Массив 1» выражение **B2:C2**, а в строку «Массив 2» выражение **B4:C4** (можно, выделять соответствующие массивы с помощью мыши) и нажать «ОК» (рис. 4.3);

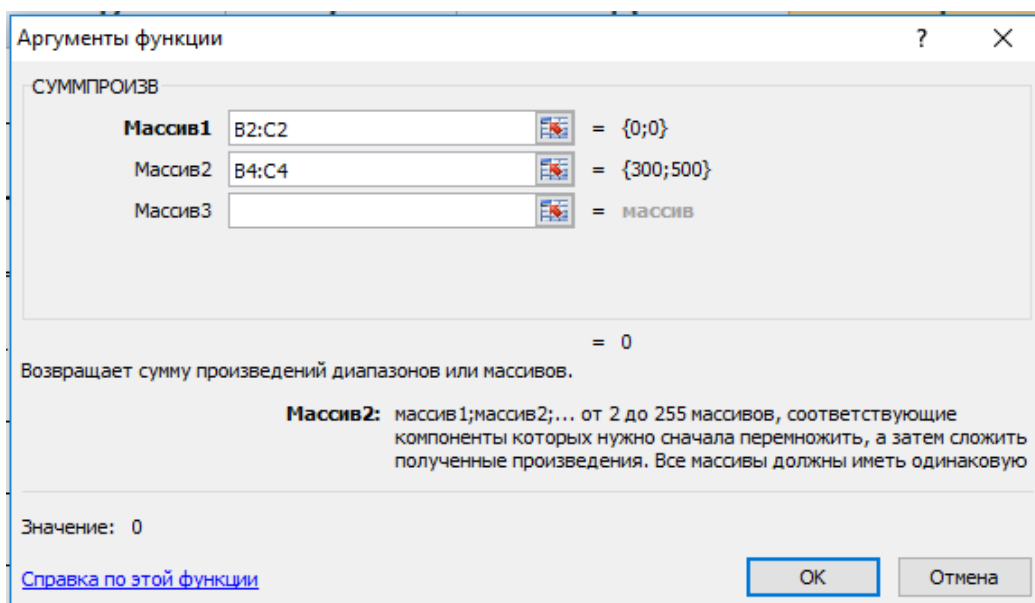


Рис. 4.3. Окно ввода аргументов функции для формулы

После этого в ячейке **E2** появится текущее значение целевой функции, вычисленное по введенной формуле. Оно равно нулю, так как переменные в данный момент равны нулю (рис. 4.4).

Аналогично в ячейки **D6:D8** вводятся формулы для расчета левых частей ограничений.

|   | A                   | B           | C   | D           | E            |
|---|---------------------|-------------|-----|-------------|--------------|
| 1 | Переменные          | x1          | x2  |             |              |
| 2 | Значения переменных | 0           | 0   | Значение ЦФ | 0            |
| 3 |                     |             |     |             |              |
| 4 | Коэффициенты ЦФ     | 300         | 500 |             |              |
| 5 |                     | Ограничения |     | Левая часть | Правая часть |
| 6 |                     | 0,5         | 1   |             | 100          |
| 7 |                     | 1           | 1   |             | 120          |
| 8 |                     | 3           | 1   |             | 300          |

Рис. 4.4. Расчет целевой функции

Для ячейки D6 формула имеет вид  $0,5x_1+x_2$ , а ее реализация в ячейке: **=СУММПРОИЗВ(B2:C2;B6:C6)**. Для ячейки D7 формула имеет вид  $x_1+x_2$ , а ее реализация в ячейке: **= СУММПРОИЗВ(B2:C2;B7:C7)**. Для ячейки D8 формула имеет вид  $3x_1+x_2$ , а ее реализация в ячейке:

$$= \text{СУММПРОИЗВ(B2:C2;B8:C8)}.$$

Как видно, формулы для расчета левой части ограничений отличаются друг от друга только именем второго массива (строки коэффициентов ограничения), первый же массив (массив значений переменных) один и тот же. Поэтому можно ввести формулу один раз, а затем скопировать ее, сделав абсолютную ссылку на массив переменных **B2:C2**.

Для того чтобы сделать абсолютную ссылку на определенный столбец, необходимо поставить символ \$, перед буквой, обозначающей имя столбца. Например **\$B2:\$C2**. Чтобы зафиксировать строку, символ \$, ставится перед номером строки: **B\$2:C\$2**. Если необходимо сделать абсолютную ссылку на конкретную ячейку (ячейки), символ \$ ставится и перед именем столбца и

перед номером строки: **\$B\$2:\$C\$2**.

Абсолютную ссылку на ячейку (ячейки) можно сделать, нажав клавишу **F4**, когда курсор находится в поле имени ячейки. При однократном нажатии клавиши будет сделана абсолютная ссылка на массив или ячейку (**\$B\$2:\$C\$2**). Если клавишу нажать дважды, будет сделана абсолютная ссылка на номер строки (**B\$2: C\$2**). При следующем нажатии клавиши ссылка будет сделана на имя столбца (**\$B2: \$C2**).

При данном способе реализации симплекс-метода достаточно сделать ссылку лишь на соответствующую строку: **B\$2:C\$2**. В то же время допустима и абсолютная ссылка на конкретный массив ячеек: **\$B\$2: \$C\$2**.

Таким образом, для ячейки **D6** формула будет иметь вид

$$= \text{СУММПРОИЗВ}(B\$2: C\$2; B6: C6),$$

а в случае абсолютной ссылки на массив

$$= \text{СУММПРОИЗВ}(\$B\$2: \$C\$2; B6: C6)).$$

Затем эту формулу необходимо скопировать в ячейки **D7** и **D8**. Копировать формулу можно с помощью клавиш «**Ctrl-Insert**» - копировать и клавиш «**Shift-Insert**» - вставить. Другой способ копирования формул - поставить курсор в ячейку, содержащую формулу и протянуть ее за правый нижний угол на все ячейки, в которые ее необходимо скопировать (рис. 4.5).

|   | A                   | B           | C   | D                                | E                        |
|---|---------------------|-------------|-----|----------------------------------|--------------------------|
| 1 | Переменные          | x1          | x2  |                                  |                          |
| 2 | Значения переменных | 0           | 0   | Значение ЦФ                      | =СУММПРОИЗВ(B2:C2;B4:C4) |
| 3 |                     |             |     |                                  |                          |
| 4 | Коэффициенты ЦФ     | 300         | 500 |                                  |                          |
| 5 |                     | Ограничения |     | Левая часть                      | Правая часть             |
| 6 |                     | 0,5         | 1   | =СУММПРОИЗВ(\$B\$2:\$C\$2;B6:C6) | 100                      |
| 7 |                     | 1           | 1   | =СУММПРОИЗВ(\$B\$2:\$C\$2;B7:C7) | 120                      |
| 8 |                     | 3           | 1   | =СУММПРОИЗВ(\$B\$2:\$C\$2;B8:C8) | 300                      |

Рис. 4.5. Вид формул для расчета левых частей ограничений

После этого экранная форма условий задачи будет иметь вид, представленный на рис. 4.6.

|   | A                   | B           | C   | D           | E            |
|---|---------------------|-------------|-----|-------------|--------------|
| 1 | Переменные          | x1          | x2  |             |              |
| 2 | Значения переменных | 0           | 0   | Значение ЦФ | 0            |
| 3 |                     |             |     |             |              |
| 4 | Коэффициенты ЦФ     | 300         | 500 |             |              |
| 5 |                     | Ограничения |     | Левая часть | Правая часть |
| 6 |                     | 0,5         | 1   | 0           | 100          |
| 7 |                     | 1           | 1   | 0           | 120          |
| 8 |                     | 3           | 1   | 0           | 300          |

Рис. 4.6. Экранная форма задачи после ввода необходимых формул

Для получения решения задачи используется надстройка «Поиск решения», которая находится в меню «Данные» (рис. 4.7).

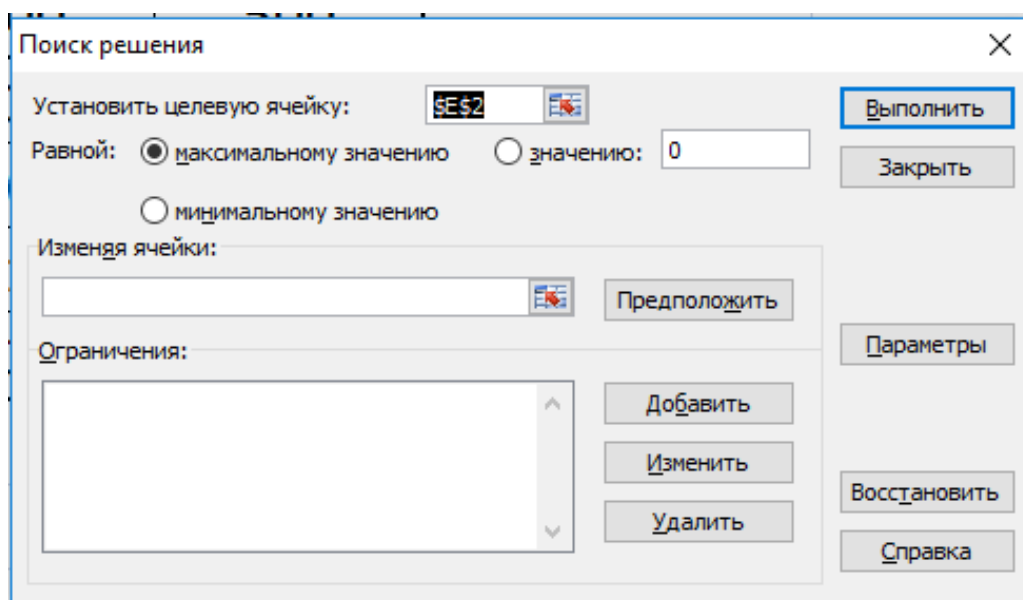


Рис. 4.7. Окно «Поиск решения»

В диалоговом окне «Поиск решения» необходимо выполнить следующие действия:

- ✓ поставить курсор в поле «Установить целевую ячейку» и ввести адрес ячейки, в которой находится формула для расчета значения целевой функции (можно сделать ссылку на ячейку мышью). В примере это ячейка E2.

- ✓ выбрать критерий оптимизации целевой функции (максимизация,

минимизация или точное значение). В примере это максимум.

- ✓ поставить курсор в поле «Изменяя ячейки» и ввести адрес массива, в котором находятся значения переменных. В примере это **B2:C2**. Адрес можно внести также с помощью выделения мышью соответствующих ячеек.
- ✓ в окне «Ограничения» выбрать кнопку «Добавить», после чего появится окно «Добавление ограничения» (рис. 4.8).

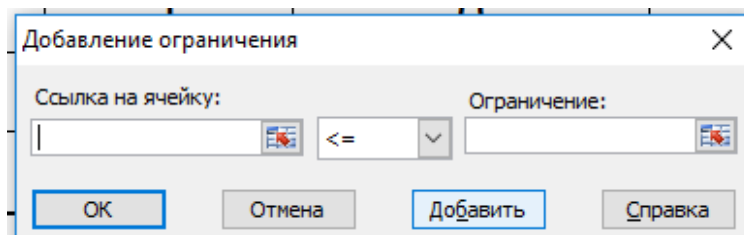


Рис. 4.8. Окно «Добавление ограничения»

В поле «Ссылка на ячейку» ввести адрес ячейки, в которой содержится левая часть ограничения. (Это можно сделать путем выделения мышью соответствующей ячейки на экране). В поле знака открыть список предлагаемых знаков и выбрать нужный. В поле «Ограничения» ввести адрес ячейки, содержащей правую часть ограничений. В примере первое ограничение: **D6<=E6** в диалоговом окне представлено на рис. 4.9.

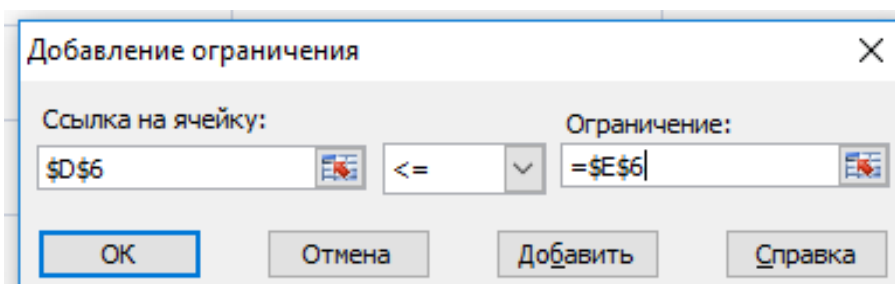


Рис. 4.9. Вид первого ограничения

Нажать кнопку «Добавить» и аналогично ввести остальные ограничения. Если при вводе ограничений задачи возникает необходимость изменить или удалить ограничения, то для этого используются кнопки «Изменить» и «Удалить» соответственно.

Диалоговое окно надстройки «Поиск решения» после ввода данных имеет вид, представленный на рис. 4.10.

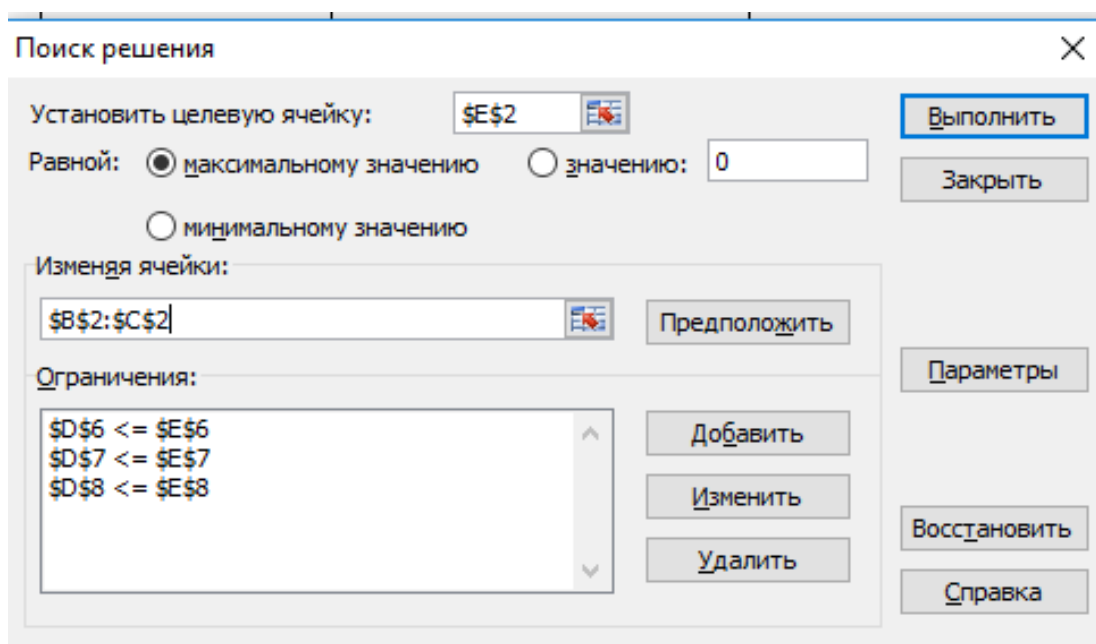


Рис. 4.10. Окно «Поиск решения» после ввода ограничений

Для обеспечения выполнения условия неотрицательности переменных, а также установления конкретных параметров решения задачи оптимизации используется кнопка «Параметры» (рис. 4.11).

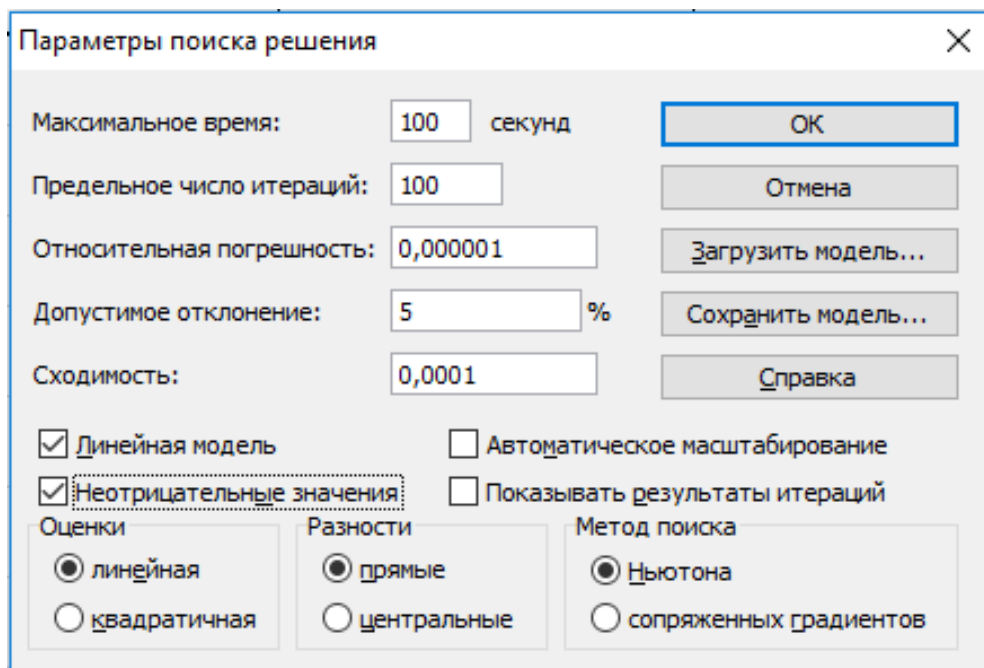


Рис. 4.11. Окно «Параметры поиска решения»

Установка флажка «Линейная модель» обеспечивает ускорение процесса решения линейной задачи, а установление флажка «Неотрицательные значения» - неотрицательность переменных.

Подтверждаются установленные параметры нажатием кнопки «ОК».

Для решения задачи необходимо в диалоговом окне «Поиск решения» нажать кнопку «Выполнить», после чего на экране появится окно «Результат поиска решения». В случае успешного решения сообщение имеет вид: «Решение найдено. Все ограничения и условия оптимальности выполнены».

В этом случае перед нажатием кнопки «ОК» необходимо выбрать три типа отчета: «Результаты», «Устойчивость», «Пределы», а затем нажать кнопку «ОК» (рис. 4.12).

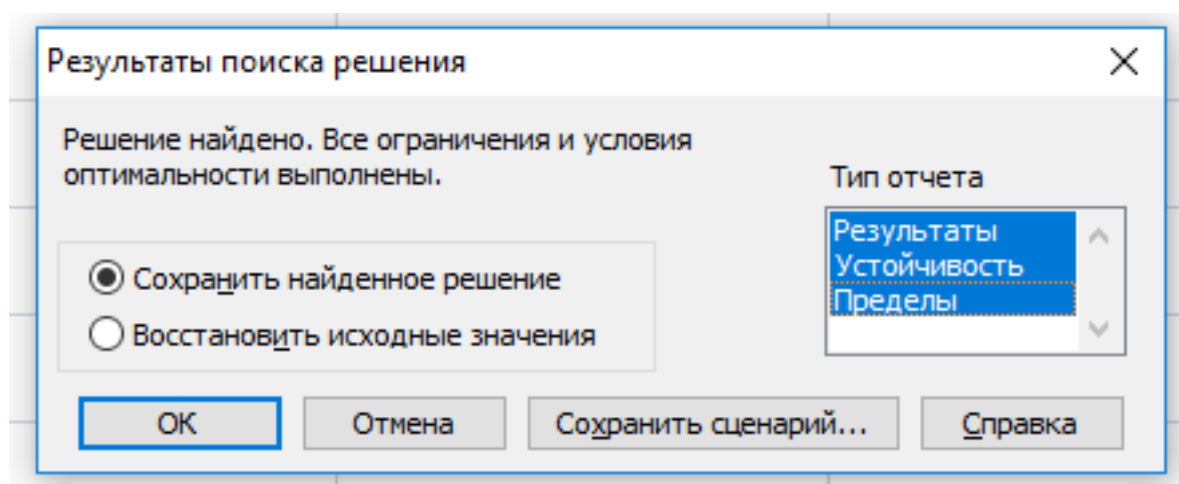


Рис. 4.12. Окно «Результаты поиска решения»

Если задача не имеет решения из-за противоречивости системы ограничений или неограниченности целевой функции, сообщение будет иметь вид: «Поиск не может найти подходящего решения» или «Значения целевой ячейки не сходятся» соответственно. Иногда такой результат может быть связан с тем, что в ходе ввода данных были допущены ошибки. Поэтому в случае такого ответа надо проверить правильность ввода данных.

В окне «Результат поиска решения» приведены типы отчета: «Результаты», «Устойчивость», «Пределы», которые используются для анализа чувствительности. Чтобы получить отчет, необходимо выбрать

соответствующий тип и нажать кнопку «ОК». Результаты каждого отчета будут выведены на отдельных листах рабочей книги с названиями: «Отчет по результатам 1», «Отчет по устойчивости 1», «Отчет по пределам 1» (рис. 4.13).

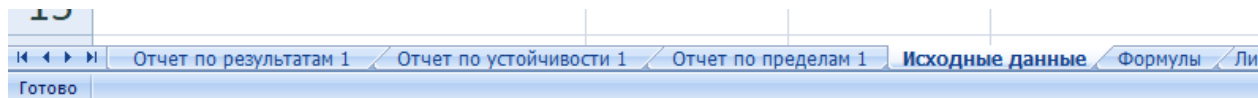


Рис. 4.13. Наименование отчетов

Если необходимо получить только решение задачи, достаточно нажать кнопку «ОК» в диалоговом окне «Результат поиска решения» после чего на экране в соответствующих ячейках появятся значения переменных и целевой функции. В нашем примере значения переменных находятся в ячейках **B2:C2**, а значение целевой функции – в ячейке **E2** (рис. 4.14).

|   | A                   | B           | C   | D           | E            |
|---|---------------------|-------------|-----|-------------|--------------|
| 1 | Переменные          | x1          | x2  |             |              |
| 2 | Значения переменных | 40          | 80  | Значение ЦФ | 52000        |
| 3 |                     |             |     |             |              |
| 4 | Коэффициенты ЦФ     | 300         | 500 |             |              |
| 5 |                     | Ограничения |     | Левая часть | Правая часть |
| 6 |                     | 0,5         | 1   | 100         | 100          |
| 7 |                     | 1           | 1   | 120         | 120          |
| 8 |                     | 3           | 1   | 200         | 300          |

Рис. 4.14. Оптимальное решение задачи

Оптимальное решение задачи найдено:  $F_{max}=52000$ .

Следовательно, для получения максимального дохода необходимо выпускать продукцию первого вида  $P_1$  в объеме 40 ед., а продукцию второго вида  $P_2$  – в объеме 80 ед. При этом максимальный доход составит 52000 ден. ед.

### 4.3. Анализ оптимального решения на чувствительность в MS Excel

Чтобы провести анализ чувствительности, необходимо в диалоговом окне «Результаты поиска решения» выделить с помощью мыши требуемый тип отчета: «Результаты», «Устойчивость», «Пределы» и нажать кнопку «ОК» (рис. 4.15).

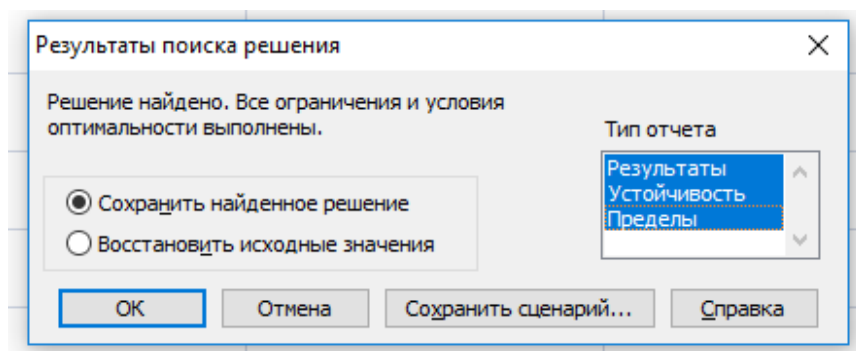


Рис. 4.15. Окно вывода трех типов отчета

Результаты каждого отчета будут выданы на отдельных листах рабочей книги.

1) **«Отчет по результатам»** (рис. 4.16) состоит из трех частей и содержит информацию о целевой функции, о значениях переменных, полученных в результате решения задачи, а также статусе.

В отчете по результатам представлены: выражения для вычисления значения целевой функции, а также имя целевой функции, исходное значение целевой функции (до решения задачи) и значение целевой функции при оптимальном решении. Аналогичная информация приведена для всех переменных задачи: ячейка для хранения значения переменной, обозначение переменной, исходное значение и оптимальное решение.

По ресурсам приводится следующая информация: формула, соответствующая левой части ограничения; имя ограничения; значение (величина) использованного ресурса при оптимальном решении задачи; формула, задающая ограничение; статус ограничения и разница.

|    |                                           |                        |                   |                |            |         |  |
|----|-------------------------------------------|------------------------|-------------------|----------------|------------|---------|--|
| 1  | Microsoft Excel 12.0 Отчет по результатам |                        |                   |                |            |         |  |
| 2  | Рабочий лист: [Книга1]Исходные данные     |                        |                   |                |            |         |  |
| 3  | Отчет создан: 10.05.2019 18:09:36         |                        |                   |                |            |         |  |
| 4  |                                           |                        |                   |                |            |         |  |
| 5  |                                           |                        |                   |                |            |         |  |
| 6  | Целевая ячейка (Максимум)                 |                        |                   |                |            |         |  |
| 7  | Ячейка                                    | Имя                    | Исходное значение | Результат      |            |         |  |
| 8  | \$E\$2                                    | Значение ЦФ            | 0                 | 52000          |            |         |  |
| 9  |                                           |                        |                   |                |            |         |  |
| 10 |                                           |                        |                   |                |            |         |  |
| 11 | Изменяемые ячейки                         |                        |                   |                |            |         |  |
| 12 | Ячейка                                    | Имя                    | Исходное значение | Результат      |            |         |  |
| 13 | \$B\$2                                    | Значения переменных x1 | 0                 | 40             |            |         |  |
| 14 | \$C\$2                                    | Значения переменных x2 | 0                 | 80             |            |         |  |
| 15 |                                           |                        |                   |                |            |         |  |
| 16 |                                           |                        |                   |                |            |         |  |
| 17 | Ограничения                               |                        |                   |                |            |         |  |
| 18 | Ячейка                                    | Имя                    | Значение          | Формула        | Статус     | Разница |  |
| 19 | \$D\$6                                    | Левая часть            | 100               | \$D\$6<=\$E\$6 | связанное  | 0       |  |
| 20 | \$D\$7                                    | Левая часть            | 120               | \$D\$7<=\$E\$7 | связанное  | 0       |  |
| 21 | \$D\$8                                    | Левая часть            | 200               | \$D\$8<=\$E\$8 | не связан. | 100     |  |

Рис. 4.16. Отчет по результатам

По ресурсам приводится следующая информация: формула, соответствующая левой части ограничения; имя ограничения; значение (величина) использованного ресурса при оптимальном решении задачи; формула, задающая ограничение; статус ограничения и разница.

В первой таблице указано оптимальное значение целевой функции. Результат: 52 000.

Вторая таблица позволяет найти значения переменных принятия решения (результат:  $x_1=40$ ,  $x_2=80$ ).

Следовательно, для получения максимального дохода необходимо выпускать продукцию первого вида  $P_1$  в объеме 40 ед., а продукцию второго вида  $P_2$  – в объеме 80 ед. При этом максимальный доход составит 52000 ден. ед.

Третья таблица отчета по результатам позволяет провести анализ по ограничениям, а также содержит информацию для анализа возможного изменения запасов *недефицитных* ресурсов при сохранении полученного

оптимального значения целевой функции.

Если ресурс используется полностью (то есть ресурс дефицитный), то в графе **Статус (Состояние)**, соответствующее ограничение указывается как **«связанное» («Привязка»)**; при неполном использовании ресурса (то есть ресурс недефицитный) в этой графе указывается **«не связан.» («Без привязки»)**.

Для граничных условий в графе **Разница (Допуск)** показана разность между значением использованного ресурса и исходно заданной величиной ресурса.

Аналогичная информация может приводиться по переменным задачи: оптимальное значение, статус (связанная, если оптимальное значение переменной не нулевое; несвязанная в противном случае), разность между оптимальным значением переменной и заданным для нее граничным условием.

Отчет по результатам дает информацию для анализа возможного изменения запасов недефицитных ресурсов при сохранении полученного оптимального значения целевой функции. Если на ресурс наложено ограничение типа  $\leq$ , то в графе «Разница» приводится количество ресурса, которое не используется при реализации оптимального решения. Если на ресурс наложено ограничение типа  $\geq$ , то в графе «Разница» приводится количество ресурса, на которое была превышена минимально необходимая норма. Если на эту величину увеличить ресурс, оптимальное решение задачи не изменится.

В нашей задаче о плане выпуска продукции, цинк используется полностью в объеме 100 кг, медь также используется полностью в объеме 120 кг. Эти виды сырья являются дефицитными. Олово используется не полностью: использовано 200 кг из 300 имеющихся. В запасе остается 100 кг ( $300-200=100$ ). Олово не относится к дефицитному сырью.

**2) «Отчет по устойчивости»** (рис. 4.17) состоит из двух таблиц.

|    |                                            |                        |          |           |              |            |            |   |
|----|--------------------------------------------|------------------------|----------|-----------|--------------|------------|------------|---|
|    | A                                          | B                      | C        | D         | E            | F          | G          | H |
| 1  | Microsoft Excel 12.0 Отчет по устойчивости |                        |          |           |              |            |            |   |
| 2  | Рабочий лист: [Книга1]Исходные данные      |                        |          |           |              |            |            |   |
| 3  | Отчет создан: 10.05.2019 18:09:37          |                        |          |           |              |            |            |   |
| 4  |                                            |                        |          |           |              |            |            |   |
| 5  |                                            |                        |          |           |              |            |            |   |
| 6  | Изменяемые ячейки                          |                        |          |           |              |            |            |   |
| 7  |                                            |                        | Результ. | Нормир.   | Целевой      | Допустимое | Допустимое |   |
| 8  | Ячейка                                     | Имя                    | значение | стоимость | Коэффициент  | Увеличение | Уменьшение |   |
| 9  | \$B\$2                                     | Значения переменных x1 | 40       | 0         | 300          | 200        | 50         |   |
| 10 | \$C\$2                                     | Значения переменных x2 | 80       | 0         | 500          | 100        | 200        |   |
| 11 |                                            |                        |          |           |              |            |            |   |
| 12 | Ограничения                                |                        |          |           |              |            |            |   |
| 13 |                                            |                        | Результ. | Теневая   | Ограничение  | Допустимое | Допустимое |   |
| 14 | Ячейка                                     | Имя                    | значение | Цена      | Правая часть | Увеличение | Уменьшение |   |
| 15 | \$D\$6                                     | Левая часть            | 100      | 400       | 100          | 20         | 25         |   |
| 16 | \$D\$7                                     | Левая часть            | 120      | 100       | 120          | 20         | 20         |   |
| 17 | \$D\$8                                     | Левая часть            | 200      | 0         | 300          | 1E+30      | 100        |   |

Рис. 4.17. Отчет по устойчивости

В первой таблице «Изменяемые ячейки» приведена информация о переменных.

1. В столбце *Результирующее значение (Окончательное значение)* содержится оптимальное решение задачи, т. е. значения переменных.

2. *Нормированная стоимость* или *Приведенная стоимость* приведена информация, которая показывает, на сколько изменится значение целевой функции в случае принудительного включения единицы этой продукции в оптимальное решение.

По тем видам изделий, где нормированная стоимость  $\geq 0$ , можно сделать вывод о том, что выпуск этой продукции предприятию выгоден (в нашем случае продукция 1 и продукция 2). Если нормированная стоимость  $< 0$ , то выпуск этой продукции предприятию невыгоден, и выпуск каждой единицы этой продукции снижает суммарную прибыль на указанное значение нормированной стоимости.

В данной задаче фирме выгодно выпускать оба вида продукции  $P_1$  и  $P_2$ , поэтому их нормированная стоимость равна нулю.

3. В столбце *Целевой коэффициент* приведены коэффициенты целевой

функции при соответствующих переменных.

В нашей задаче в этом столбце находятся цены реализации продукции каждого вида.

4. Предельные значения приращения целевых коэффициентов. Для каждой переменной указаны заданные коэффициенты целевой функции, допустимое увеличение и допустимое уменьшение коэффициентов при которых сохраняется оптимальное решение задачи.

Два последних столбца (Допустимое увеличение, Допустимое уменьшение) определяют допустимый диапазон дохода от единицы продукции, при которых текущее базисное решение (оптимальное решение) не изменится.

Так, для переменной  $x_1$  границы устойчивости коэффициента целевой функции составляют (250; 500), поскольку максимальное увеличение коэффициента возможно на 200, а уменьшение - на 50.

Другими словами, текущее оптимальное решение не изменится, пока цена за единицу первого вида продукции будет находиться в пределах от 250 ( $300-50=250$ ) до 500 ( $300+200=500$ ) ден. ед. Измениться изменится только значение целевой функции (в нашем примере, доход) в оптимальной точке.

Аналогично, текущее оптимальное решение не изменится, пока цена за единицу второго вида продукции будет не менее 300 ( $500-200=300$ ) и не более 600 ( $500+100=600$ ) ден. ед.

При выходе за указанные в отчете по устойчивости пределы изменения цен оптимальное решение может измениться как по номенклатуре выпускаемой продукции, так и по объемам выпуска (без изменения номенклатуры).

*Вторая таблица* содержит информацию об ограничениях.

1. В столбце *Результирующее значение (Окончательное значение)* приводится величина использованных ресурсов.

2. **Теневая цена** (ценность дополнительной единицы  $i$ -го ресурса). Теневая цена показывает, на сколько изменится значение целевой функции в

случае выделения дополнительной единицы  $i$ -го ресурса. Очевидно, что теневая цена не нулевая только для дефицитных ресурсов.

В нашей задаче цинк и медь затрачены полностью. Поэтому теневая цена этих видов сырья не равна нулю. Теневая цена цинка, равная 400, свидетельствует о том, что каждый дополнительный килограмм цинка увеличит доход на 400 ден. ед. Можно также утверждать, что это максимальная цена, которую можно заплатить за 1 единицу сырья первого вида. Теневая цена меди, равная 100, свидетельствует о том, что каждый дополнительный килограмм меди увеличит доход на 100 ден. ед. Поэтому в первую очередь для фирмы, выгодно увеличивать запасы цинка.

Олово затрачено не полностью. Поэтому теневая цена этого вида сырья равна нулю. Таким образом, можно закупать его меньше на соответствующую величину, то есть на 100 единиц. Это уменьшит затраты как на закупку сырья, так и на его хранение.

В терминах теории двойственности **теневая цена** соответствует значению двойственной оценки соответствующего ресурса, а нормированная стоимость – значению дополнительной двойственной оценки, которая равна разности между левой и правой частями в ограничениях двойственной задачи.

3. Предельные значения приращения ресурсов. В графах «Допустимое уменьшение» и «Допустимое увеличение» показано, на сколько можно уменьшить (устранить излишек) или увеличить (повысить минимально необходимое требование) ресурс, сохранив при этом базис оптимального решения (изменить объем выпуска продукции без изменения номенклатуры).

Так, для первого вида сырья границы устойчивости составляют (75; 120), так как допустимое уменьшение возможно на 25 ед., а увеличение на 20 ед.

Другими словами, текущее оптимальное решение не изменится, пока запасы цинка будут находиться в пределах от 75 ( $100-25=75$ ) до 120 ( $100+20=120$ ) кг.

Аналогично, текущее оптимальное решение не изменится, если запасы меди будут составлять не менее 100 ( $120-20=100$ ) и не более 140 ( $120+20=140$ ) кг.

Текущее оптимальное решение не изменится, если запасы олова будут находиться в диапазоне от 200 кг ( $300-100=200$ ) и более, т.е.  $(200; \infty)$ .

По-прежнему будет оптимально выпускать оба вида продукции, хотя объемы выпуска изменятся.

*Примечание.* Для третьего сырья допустимое увеличение составляет  $1E+30$ , что равносильно  $10^{30}$ . Поэтому правая граница диапазона равна  $\infty$  ( $300+10^{30}=\infty$ ). Если допустимое уменьшение некоторого ресурса будет равно  $1E+30$ , что равносильно  $10^{30}$ , то левая граница диапазона будет равна 0, т. к.  $300+10^{30}=-\infty$ , а запасы ресурса могут меняться от нуля. Аналогичный принцип действует и для переменных.

**3) «Отчет по пределам»** (рис. 4.18) используется для создания отчета, состоящего из целевой ячейки и списка влияющих ячеек модели, их значений, а также нижних и верхних границ. Нижним пределом является наименьшее значение, которое может содержать влияющая ячейка, в то время как значения остальных влияющих ячеек фиксированы и удовлетворяют наложенным ограничениям. Соответственно, верхним пределом называется наибольшее значение.

|    | A                                         | B                      | C        | D              | E         | F                | G | H | I | J |
|----|-------------------------------------------|------------------------|----------|----------------|-----------|------------------|---|---|---|---|
| 1  | Microsoft Excel 12.0 Отчет по пределам    |                        |          |                |           |                  |   |   |   |   |
| 2  | Рабочий лист: [Книга1]Отчет по пределам 1 |                        |          |                |           |                  |   |   |   |   |
| 3  | Отчет создан: 10.05.2019 18:09:37         |                        |          |                |           |                  |   |   |   |   |
| 4  |                                           |                        |          |                |           |                  |   |   |   |   |
| 5  |                                           |                        |          |                |           |                  |   |   |   |   |
| 6  | Целевое                                   |                        |          |                |           |                  |   |   |   |   |
| 7  | Ячейка                                    | Имя                    | Значение |                |           |                  |   |   |   |   |
| 8  | \$E\$2                                    | Значение ЦФ            | 52000    |                |           |                  |   |   |   |   |
| 9  |                                           |                        |          |                |           |                  |   |   |   |   |
| 10 |                                           |                        |          |                |           |                  |   |   |   |   |
| 11 | Изменяемое                                |                        |          | Нижний Целевой |           | Верхний Целевой  |   |   |   |   |
| 12 | Ячейка                                    | Имя                    | Значение | предел         | результат | предел результат |   |   |   |   |
| 13 | \$B\$2                                    | Значения переменных x1 | 40       | 0              | 40000     | 40 52000         |   |   |   |   |
| 14 | \$C\$2                                    | Значения переменных x2 | 80       | 0              | 12000     | 80 52000         |   |   |   |   |

#### Рис. 4.18. Отчет по пределам

В отчете по пределам показано, в каком диапазоне могут изменяться значения переменных без изменения базиса (номенклатуры выпуска продукции). Другими словами, в отчете показано, в каких пределах может изменяться выпуск продукции, вошедшей в оптимальное решения, при сохранении структуры оптимального решения.

«Отчет по пределам» состоит из двух таблиц.

В *первой таблице* находится максимальное значение целевой функции. Для нашей задачи максимальный доход составит 52000 ден. ед.

Во *второй таблице* приведена информация о переменных задачи.

Оптимальный план выпуска продукции не изменится, если выпуск продукции  $P_1$  будет находится в пределах от 0 до 40 ед., тогда доход будет меняться от 40000 до 52000 ден. ед.

Оптимальный план выпуска продукции не изменится, если выпуск продукции  $P_2$  будет находится в пределах от 0 до 80 ед., тогда доход будет меняться от 12000 до 52000 ден. ед.

Образец оформления заявления на утверждение темы курсовой работы

Зав. кафедрой математики, физики

и информационных технологий

Максимову А.Н.

студента (ки) \_\_\_\_\_ курса \_\_\_\_\_ гр.

## Направление подготовки

38.03.01 Экономика \_\_\_\_\_

Направленность (профиль) \_\_\_\_\_

---

(ФИО студента полностью)

Тел. \_\_\_\_\_

**Заявление.**

Прошу утвердить тему курсовой работы (проекта)

по дисциплине \_\_\_\_\_

на примере \_\_\_\_\_

и утвердить план курсовой работы (проекта):

## План

## Введение

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

## Заключение

## Список использованных источников

Дата \_\_\_\_\_ Личная подпись \_\_\_\_\_

Согласен научный руководитель

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(И.О.Фамилия)

« 20 Г.

*Образец оформления титульного листа курсовой работы*

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»  
(ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА)**

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## КУРСОВАЯ РАБОТА

на тему \_\_\_\_\_

по дисциплине «Экономико-математическое моделирование»

**Выполнил:** студент \_\_\_\_ курса \_\_\_\_\_ гр.

Направление подготовки 38.03.01 Экономика

Направленность (профиль) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**Руководитель:** к.ф.-м.н., доцент Деревянных  
Евгения Анатольевна

## **Содержание**

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                | 3  |
| 1. Экономико-математические методы оптимизации<br>портфеля ценных бумаг..... | 5  |
| 1.1. Портфельный анализ.....                                                 | 5  |
| 1.2. Принципы формирования портфеля ценных бумаг.....                        | 9  |
| 1.3. Общая постановка задачи линейного программирования.....                 | 12 |
| 2. Оптимизация портфеля ценных бумаг.....                                    | 15 |
| 3. Оптимизация портфеля ценных бумаг с использованием ПК.....                | 17 |
| 4. Экономический анализ полученных результатов.....                          | 23 |
| Заключение.....                                                              | 29 |
| Список использованных источников.....                                        | 31 |

*Образец рецензии на курсовую работу*

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»  
(ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА)

Регистрационный № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_  
дата

Факультет \_\_\_\_\_ курс \_\_\_\_\_ шифр \_\_\_\_\_ форма обучения \_\_\_\_\_

Студент (Ф.И.О. полностью)

Курсовой проект (работа) по дисциплине

Допущен(а) к защите «        » 20     г. Преподаватель

Курсовой проект (работа) защищен(а) «        » 20        г.

с оценкой «                    »

Преподаватели (Ф.И.О., подпись) \_\_\_\_\_

## РЕЦЕНЗИЯ

[illegible]

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Акулич, И.А. Математическое программирование в примерах и задачах / И.А. Акулич. - М. : Высшая школа, 1986. – 319 с.
2. Аронович, А.Б. Сборник задач по исследованию операций / А.Б. Аронович, М.Ю. Афанасьев, Б.П. Суворов. – М.: МГУ, 1997. – С. 256.
3. Давыдов, Э.Г. Исследование операций / Э.Г. Давыдов. - М.: Высшая школа, 1990. – 382 с.
4. Исследование операций в экономике. Учебное пособие для вузов / Под ред. Н.Ш. Кремера. – М.: Юнити, 2003. – 407 с.
5. Красс, М.С. Математика для экономистов / М.С. Красс, Б.П. Чупрынов – Спб. : Питер, 2008. – 464 с.
6. Кремера, Н.Ш. Исследование операций в экономике: учеб. пособие / под ред. Н.Ш. Кремера. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юнити, 2011. – 403 с.
7. Невежин, В.П. Сборник задач по курсу «Экономико-математическое моделирование» / В.П. Невежин, С.И. Кружилов. – М.: Городец, 2005. – 320 с.
8. Орлова, И.В. Экономико-математическое моделирование: Практическое пособие по решению задач./ И.В. Орлова. – М. : Вузовский учебник, 2008.- 144 с.
9. Попов, А.М. Экономико-математические методы и модели: учебник для бакалавров/ А.М. Попов, В.Н. Сотников; под ред. проф. А.М. Попова. – М. : Юрайт, 2011. – 479 с.
10. Сысоев, В. В. Теоретико-игровые модели принятия решений многоцелевого управления в задачах выбора и распределения ресурсов / В.В. Сысоев. - Воронеж. гос. технол. акад., 2000. – 60 с.
11. Таха Х. Введение в исследование операций / Х. Таха. – М.: Вильямс, 2003. – 407 с.

12. Шапкин, А.С. Математические методы и модели исследования операций: учебник / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин. – 5-е изд. – М. : Дашков и К, 2009. – 400 с.