Министерство транспорта Российской Федерации

Федеральное агентство железнодорожного транспорта

ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения»

Кафедра «Экономика транспорта»

Методические указания и задания к выполнению

расчетно-графических работ для студентов

экономических специальностей

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ**

В.А. Подоба А.М. Метлакова-Лазуткина

Хабаровск 2006

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ

1. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ДЕПОВСКОМУ РЕМОНТУ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

1.1 Методика решения задачи

1.2 Исходные данные

1.3 Последовательность решения задачи

2. ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ МОЩНОСТЕЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

2.1 Постановка задачи

2.2 Методика решения задачи

2.3 Исходные данные

2.4 Последовательность решения задачи

3. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА (МОДЕЛЬ «ЗАТРАТЫ–ВЫПУСК»)

3.1 Методика решения задачи

3.2 Исходные данные

3.3 Последовательность решения задачи

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

**ВВЕДЕНИЕ**

В современных условиях роль экономико-математических методов и моделей в решении широкого круга экономических и производственных задач существенно возрастает. Это в полной мере относится к железнодорожному транспорту, для которого методология экономико-математического моделирования всегда являлась действенным инструментом повышения эффективности его работы.

В связи с широким внедрением в экономическую практику современных информационных технологий возможности экономико-математического моделирования для решения прикладных задач существенно расширились. В частности средства MICROSOFT EXEL позволяют решать большинство задач, входящих в инструментарий экономико-математического моделирования. В связи с этим в методических указаниях представлены три расчетно-графические работы по экономико-математическому моделированию, отражающих специфику железнодорожного транспорта.

**1. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ВАГОНОРЕМОТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ДЕПОВСКОМУ РЕМОНТУ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ**

**1.1 Методика решения задачи**

Деповской ремонт грузовых вагонов выполняется в ремонтных вагонных депо, входящих в Департамент ОАО «РЖД» по ремонту грузового вагонного парка. Программа ремонта по количеству и типам вагонов для каждого депо в отдельности устанавливается департаментом исходя из потребностей в ремонте, производственных мощностей депо и имеющихся в наличии производственных ресурсов. С учетом того, что в настоящее время неуклонно возрастает вагонный парк других собственников, а также предстоящим акционированием Департамента возникает проблема определения оптимальной производственной программы депо, обеспечивающей максимальную прибыль предприятию. Такая задача может быть сформулирована следующим образом. Имеем:

Хi – объем ремонта вагонов j–го типа; i = 1, 2, … n;

Вi – объем, имеющихся в наличии производственных ресурсов i-го вида; I = 1, 2, … m;

aij – расход i-го вида ресурсов на ремонт одного вагона j-го типа;

Cj – прибыль, получаемая предприятием за один отремонтированный вагон j-го типа.

Решение задачи осуществляется на основе следующей экономико-математической модели:

Найти совокупность переменных Хj, минимизирующую целевую функцию F:

 (1.1)

На целевую функцию накладываются следующие ограничения:

(1.2)

Xij ≥ 0 для всех значений индексов. (1.3)

Данная модель относится к классу экономико-математических моделей линейного программирования [4, 5, 8, 9]. Решение задач, описываемых экономико-математическими моделями линейного программирования, как правило, осуществляется универсальным симплексным методом [4, 5].

Он достаточно трудоемок. Поэтому выполнение расчетов рекомендуется в среде EXCEL [2, 7].

Технологию решения задач линейного программирования в среде EXCEL продемонстрируем на следующем примере.

Вагоноремонтное депо имеет в своем распоряжении определенное количество ресурсов: рабочую силу, материалы, запасные части, оборудование, производственные площади и т. п. Допустим, например, имеются ресурсы четырех видов: рабочая сила, материалы, специальные запасные части и фонд времени вагоноремонтных позиций. Депо может ремонтировать вагоны четырех типов. Информация о количестве единиц каждого ресурса, необходимого для ремонта одного вагона каждого типа, их объеме и получаемой прибыли приведена в табл. 1.

Таблица 1.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ресурсы | Нормы расхода ресурсов на один вагон | Наличие ресурсов |
| полувагон | крытый | платформа | хопердозатор |
| Раб. сила, чел.час | 180 | 205 | 160 | 336 | 650000 |
| Материалы, тыс. руб | 28 | 27 | 26 | 54 | 100000 |
| Фонд времени, час | 17 | 18 | 16 | 30 | 125000 |
| Специальные запчасти, тыс. руб. | 0 | 0 | 0 | 15 | 5000 |
| Прибыль на 1 вагон, тыс. руб. | 7,3 | 7,5 | 6,5 | 15 |  |

Требуется найти такой план ремонта вагонов, при котором будет максимальной общая прибыль предприятия.

Обозначим через Х1, Х2, Х3, Х4 количество вагонов каждого типа. Сформулируем экономико-математическую модель задачи:

F = 7,3Х1 + 7,5Х2 + 6,5Х3 + 15Х4 🡪 max

180Х1 + 205Х2 + 160Х3 + 336Х4 ≤ 650000,

28Х1 + 27X2 + 26Х3 + 54Х4 ≤ 100000,

17Х1 + 18Х2 + 16Х3 + 30Х 4 ≤ 125000,

15 ∙ Х4 ≤ 5000

X1 ≥ 0; X2 ≥ 0; X3 ≥ 0; X4 ≥ 0

Решение задач линейного программирования в среде EXCEL осуществляется с помощью надстройки «Поиск решения» [2, 7]. Если в меню Сервис отсутствует команда Поиск решения, значит, необходимо загрузить эту надстройку. Выберите команду Сервиса Надстройки и активизируйте надстройку Поиск решения. Если же этой надстройки нет в диалоговом окне Надстройки, то необходимо обратиться к панели управления Windows, щелкнуть на пиктограмме Установка и удаление программ и с помощью программы установки EXCEL (или Office) установить надстройку Поиск решения. Для решения задачи необходимо:

1. Создать форму для ввода условий задачи.
2. Указать адреса ячеек, в которые будет помещен результат решения (изменяемые ячейки).
3. Ввести исходные данные.
4. Ввести зависимость для целевой функции.
5. Ввести зависимости для ограничений.
6. Указать назначение целевой функции (установить целевую ячейку).
7. Ввести ограничения.
8. Ввести параметры для решения задачи линейного программирования.

Для рассматриваемого примера продемонстрируем технологию решения задачи оптимального использования ресурсов.

1. Подготовим форму для ввода условий задачи (рис. 1).

Рис. 1

1. В нашей задаче оптимальные значения вектора X = (Х1, Х2 Х3, Х4) будут помещены в ячейках ВЗ: ЕЗ, оптимальное значение целевой функции - в ячейке F4.

1. Введем исходные данные в созданную форму. Получим результат, показанный на рис. 2.

4.Введем зависимость для целевой функции:

1. Курсор в F4.
2. Курсор на кнопку Мастер функций.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Переменные |  |  |  |  |
|  | Х1 | Х2 | Х3 | Х4 |  |  |  |
| Значение |  |  |  |  | ЦФ |  |  |
| коэф. в ЦФ | 7,3 | 7,5 | 6,5 | 15 | 0 |  |  |
|  |  | Ограничения |  |  |  |  |
| Вид ресурсов |  |  |  |  | Левая часть | Знак | Правая часть |
| Труд | 180 | 205 | 160 | 336 |  | <= | 650000 |
| Материалы | 28 | 27 | 26 | 54 |  | <= | 100000 |
| Фонд времени | 17 | 18 | 16 | 30 |  | <= | 125000 |
| Спец. запчасти | 0 | 0 | 0 | 15 |  | <= | 5000 |

Рис.2. Данные введены

M1 (Обозначим через М1 следующее действие – «один щелчок левой кнопкой мыши»). На экране диалоговое окно Мастер функций шаг 1 из 2.

1. Курсор в окно Категория на категорию Математические.
2. M1.
3. Курсор в окно Функции на СУММПРОИЗВ.
4. M1.
5. В массив 1 ввести В$3:Е$3.
6. В массив 2 ввести В4:Е4.
7. Готово. На экране: в F4 введена функция, как показано на рис. 3.

Рис. 3

5.Введем зависимость для левых частей ограничений:

1. Курсор в F4.
2. Копировать в буфер.
3. Курсор в F7.
4. Вставить из буфера.
5. Курсор в F8.
6. Вставить из буфера.
7. Курсор в F9.
8. Вставить из буфера.

На этом ввод зависимостей закончен.

Запуск Поиска решения

После выбора команд Сервис =>Поиск решения появится диалоговое окно Поиск решения (рис. 4).

Рис. 4

В диалоговом окне Поиск решения есть три основных параметра:

1. Установить целевую ячейку.
2. Изменяя ячейки.
3. Ограничения.

Сначала нужно заполнить поле «Установить целевую ячейку». Во всех задачах для средства Поиск решения оптимизируется результат в одной из ячеек рабочего листа. Целевая ячейка связана с другими ячейками этого рабочего листа с помощью формул. Средство Поиск решения использует формулы, которые дают результат в целевой ячейке, для проверки возможных решений. Можно выбрать поиск наименьшего или наибольшего значения для целевой ячейки или же установить конкретное значение.

Второй важный параметр средства Поиск решения – это параметр.

Изменяемые ячейки – это те ячейки, значения в которых будут изменяться для того, чтобы оптимизировать результат в целевой ячейке. Для поиска решения можно указать до 200 изменяемых ячеек. К изменяемым ячейкам предъявляется два основных требования: они не должны содержать формул, и изменение их значений должно отражаться на изменении результата в целевой ячейке. Другими словами, целевая ячейка зависима от изменяемых ячеек.

Третий параметр, который нужно вводить для Поиска решения – это Ограничения.

6.Назначение целевой функции (установить целевую ячейку).

1. Курсор в поле «Установить целевую ячейку».
2. Ввести адрес $F$4.
3. Ввести направление целевой функции: Максимальному значению.
4. Ввести адреса искомых переменных:
5. Курсор в поле «Изменяя ячейки».
6. Ввести адреса В$3:Е$3.
7. Ввод ограничений.
8. Курсор в поле «Добавить». Появится диалоговое окно Добавление ограничения (рис. 5).

Рис. 5

1. В поле «Ссылка на ячейку» ввести адрес $F$7.
2. Ввести знак ограничения ≤.
3. Курсор в правое окно.
4. Ввести адрес $Н$7.
5. Добавить. На экране опять диалоговое окно Добавление ограничения.
6. Ввести остальные ограничения.
7. После ввода последнего ограничения ввести ОК.

На экране появится диалоговое окно Поиск решения с введенными условиями (рис. 5).

8.Ввод параметров для решения ЗЛП (рис. 6).

1. Открыть окно Параметры поиска решения.
2. Установить флажок Линейная модель, что обеспечивает применение симплекс-метода.
3. Установить флажок Неотрицательные значения.
4. ОК.

В открывшемся окне «Поиск решения» ввести «Выполнить».

Полученное решение (рис. 7) означает, что максимальную прибыль 26537,7 тыс. руб. депо может получить при выпуске из ремонта 2595,5 полувагонов, 345,4 крытых вагонов, 333,3 вагонов-хопперов. Приэтом ремонт платформ в оптимальном плане производства отсутствует. Ресурсы – рабочее время, материалы, специальные запасные части – будут использованы полностью, а из 125 тыс. ч фонда времени вагоноремонтных позиций будет использовано только 60,3 тыс. ч.

Рис. 6

EXCEL позволяет представить результаты поиска решения в форме отчета. Существует три типа таких отчетов:

Результаты (Answer). В отчет включаются исходные и конечные значения целевой и влияющих ячеек, дополнительные сведения об ограничениях.

Устойчивость (Sensitivity). Отчет, содержащий сведения о чувствительности решения к малым изменениям в изменяемых ячейках или в формулах ограничений.

Пределы (Limits). Помимо исходных и конечных значений изменяемых и целевой ячеек в отчет включаются верхние и нижние границы значений, которые могут принимать влияющие ячейки при соблюдении ограничений.

Рис. 7

В отчете по результатам содержатся оптимальные значения переменных X1, Х2, Хз, Х4, значение целевой функции, а также левые части ограничений.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Microsoft Excel 10.0 Отчет по результатам |  |  |  |
| Рабочий лист: [Методичк.ОПТ.ВАГ.xls]Лист1 |  |  |  |
| Отчет создан: 26.07.2005 4:23:00 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Целевая ячейка (Максимум) |  |  |  |  |
|  | Ячейка | Имя | Исходное значение | Результат |  |  |
|  | $F$4 | коэф.в ЦФ ЦФ | 26537,72727 | 26537,72727 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Изменяемые ячейки |  |  |  |  |
|  | Ячейка | Имя | Исходное значение | Результат |  |  |
|  | $B$3 | Значение Х1 | 2595,454545 | 2595,454545 |  |  |
|  | $C$3 | Значение Х2 | 345,4545455 | 345,4545455 |  |  |
|  | $D$3 | Значение Х3 | 0 | 0 |  |  |
|  | $E$3 | Значение Х4 | 333,3333333 | 333,3333333 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Ограничения |  |  |  |  |
|  | Ячейка | Имя | Значение | Формула | Статус | Разница |
|  | $F$8 | Материалы Левая часть | 100000 | $F$8<=$H$8 | связанное | 0 |
|  | $F$7 | Труд Левая часть | 650000 | $F$7<=$H$7 | связанное | 0 |
|  | $F$9 | Фонд времени Левая часть | 60340,90909 | $F$9<=$H$9 | не связан. | 64659,09091 |
|  | $F$10 | Спец. Запчасти Левая часть | 5000 | $F$10<=$H$10 | связанное | 0 |

Рис. 8

**1.2 Исходные данные**

Задача формулируется для вагоноремонтных депо, которые в состоянии ремонтировать пять типов вагонов: полувагоны, крытые, платформы, вагоны-хопперы и цистерны. Предположим, что в производственном процессе используется пять видов ресурсов: рабочая сила, материалы, фонд времени ремонтных позиций, специальные запасные части и электроэнергия. Нормы расхода ресурсов на ремонт одного вагона по типам единые для всех вариантов задания представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

|  |  |
| --- | --- |
| Ресурсы | Нормы расхода ресурсов на один вагон |
| полувагон | крытый | платформа | хопердозатор | цистерна |
| Раб. сила, чел.час | 180 | 205 | 160 | 336 | 170 |
| Материалы, тыс. руб. | 28 | 27 | 26 | 54 | 27 |
| Фонд времени, час | 17 | 18 | 16 | 30 | 17 |
| Специальные запчасти, тыс. руб. | 0 | 0 | 0 | 15 | 10 |
| Электроэнергия, тыс. квт∙час | 1,5 | 1,4 | 0,9 | 1,6 | 1,2 |
| Прибыль на 1 вагон, тыс. руб. | 7,3 | 7,5 | 6,5 | 15 | 7 |

Данные о размерах прибыли на 1 отремонтированный вагон и объемах ресурсов на предприятии приведены по вариантам в табл. 3 и 4.

Таблица 1.3

|  |  |
| --- | --- |
| Номерварианта | Прибыль на 1 вагон, тыс. руб. |
| полувагон | крытый | платформа | хопердозатор | цистерна |
| 12345 | 7,37,57,78,07,1 | 7,57,77,98,48.1 | 6,56,06,46,37,0 | 15,014,215,415,715,5 | 7,17,37,67,96,8 |

**1.3 Последовательность решения задачи**

Определяются номера вариантов исходных данных применительно к табл. 1.3 и 1.4. Для этого две последние цифры зачетной книжки студента делятся с остатком на количество вариантов, представленных в таблицах. К остатку от деления прибавляется единица. Полученное число явится номером варианта для информации соответствующего вида.

Например, считываем из зачетной книжки число 89. Применительно к табл. 1.3 делим его на 5. Получаем 17 и 4 в остатке. Прибавляем к остатку единицу, получаем вариант 5. Если остаток 0, вариант 1.

Таблица 1.4

|  |  |
| --- | --- |
| Номер варианта | Объемы ресурсов |
| рабочая сила | материалы | фондвремени | специальные запчасти | электроэнергия |
| 12345678910 | 650000590000680000700000750000690000800000790000770000710000 | 10000098000120000125000130000133000129000130000115000120000 | 125000800009000075000880007400095000800009200079000 | 50006000700080009000780010000960081007900 | 6300700065006900700074009200840075007800 |

Для соответствующих исходных данных составляется экономико-математическая модель.

Используя надстройку «Поиск решения» пакета EXCEL решается задача с выдачей отчета «Результаты».

Полученное решение анализируется, и делаются выводы, в которых дается характеристика найденному оптимальному варианту производственной программы вагоноремонтного предприятия и эффективности использования производственных ресурсов.

**2. ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ МОЩНОСТЕЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

**2.1 Постановка задачи**

Железнодорожный транспорт в больших объемах потребляет разнообразные запасные части для поддержания активной части своих производственных фондов в работоспособном состоянии. Запасные части для предприятий железнодорожного транспорта изготавливаются на заводах по ремонту подвижного состава и производству запасных частей и других специализированных предприятиях. Снижение издержек, связанных с обеспечением предприятий железнодорожного транспорта запасными частями весьма актуально. Учитывая большую протяженность железных дорог России, эта задача должна решаться комплексно как для производственной, так и для транспортной составляющей затрат. Для решения этой задачи с успехом может быть использована экономико-математическая модель так называемой «Транспортной задачи линейного программирования» [1, 3, 9]. В частности ее разновидность – открытая модель транспортной задачи. Для построения экономико-математической модели рассматриваемой задачи введем следующие обозначения:

Аi – производственные мощности предприятий по производству запасных частей по пунктам размещения i;

Вj – потребности в запасных частях в пунктах j;

Хij – объемы перевозок запасных частей между пунктами производства и пунктами потребления i, ,j;

Зi – затраты на производство единицы (удельные затраты) запасных частей у предприятий по пунктам i;

Сij – затраты на транспортировку единицы запасных частей между пунктами производства и потребления;

аi – загрузка производственных мощностей предприятий по производству запасных частей по пунктам размещения i.

Тогда экономико-математическая модель может быть сформулирована следующим образом: найти совокупность переменных аi, минимизирующих целевую функцию F.

 (2.1)

После некоторых преобразований формула (2.1) принимает вид:

.

На целевую функцию накладываются следующие ограничения:

Хij = аi, i = 1,2,…,m; (2.2)

Хij = Вj, j = 1,2,…,n; (2.3)

Аi > Вj (2.4)

аi, Хij > = 0 для всех значений индексов (2.5)

Ограничения 2.2 и 2.3 называются балансовыми. Они показывают, что вся произведенная продукция по пунктам размещения мощностей должна быть вывезена – ограничение 2.2, а спрос потребителей должен быть полностью удовлетворен – ограничение 2.3. Ограничение 2.5 показывает, что суммарная мощность всех предприятий должна превышать общие потребности. Это весьма важно, поскольку при равенстве задача оптимизации теряет смысл, так как будет иметь место только один вариант решения, при стопроцентной загрузке мощностей. Из ограничений 2.2 и 2.3 следует, что

а = В.

А из ограничения 2.5:

А > а.

Ограничение 2.5 называется ограничением неотрицательности переменных.

**2.2 Методика решения задачи**

Методику решения задач на основе модели 2.2–2.5 рассмотрим на следующем примере. Допустим, имеется три предприятия по производству запасных частей и пять пунктов потребления. Объемы производства будем измерять в тоннах, а затраты в тысячах рублей.

Показатели, характеризующие производственные мощности, имеют следующие значения:

А1 = 500 т; А2 = 400 т; А3 = 700 т

З1= 45 тыс. руб.;З2 = 49 тыс. руб.; З3 = 40 тыс. руб.

Потребности в пунктах потребления:

В1 = 350 т; В2 = 320 т; В3 = 190 т; В4 = 270 т; В5 = 230 т.

Затраты на транспортировку одной тонны запасных частей между пунктами производства и потребления представлены в матрице (табл. 2.1).

Таблица 2.1

|  |  |
| --- | --- |
| Номерапунктов производства i | Номера пунктов потребления j |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 123 | 3108 | 585 | 4116 | 797 | 6134 |

На основе модели 2.1–.5 применительно к нашему примеру строим матрицу, отражающую особенности решаемой задачи. При этом следует учитывать, что ограничение 2.4 соответствует открытой модели транспортной задачи. В процессе ее решения открытая модель сводится к закрытой за счет искусственной балансировки ресурсов и потребностей. Для этого в модель вводится фиктивный потребитель и ему назначается спрос равный разнице суммарных мощностей и потребностей:

.

Матрица, отражающая особенности решаемой задачи, принимает следующий вид (табл. 2.2).

Таблица 2.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощности |  |  |  | Потребности Вj |  |  |  | Фикт. потр. |
| Аi | В1=350 | В2=320 | В3=190 | В4=270 | В5=230 | Вф = 240 |
|  |  | 48 |  | 50 |  | 49 |  | 52 |  | 51 |  | 0 |
| А1 = 500 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | 59 |  | 57 |  | 60 |  | 58 |  | 62 |  | 0 |
| А2 = 400 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | 48 |  | 45 |  | 46 |  | 47 |  | 44 |  | 0 |
| А3 = 700 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

По строкам матрицы отражены мощности по производству запасных частей. По столбцам отражены потребители и их спрос. В клетках матрицы, в маленьких квадратиках, представлены показатели критерия оптимальности модели – суммарные затраты на производство и транспортировку продукции между предприятиями и потребителями. В столбце фиктивного потребителя показатели критерия оптимальности приравниваются нулю. Объемы перевозок между пунктами производства и потребления, которые находятся в результате решения, помещаются в клетки матрицы.

Сформулированная таким образом задача решается с помощью одного из известных алгоритмов транспортной задачи линейного программирования. Для ручного решения может быть рекомендован так называемый метод потенциалов в матричной постановке [1, 3, 5]. Тем не менее, даже для относительно небольших матриц решение транспортной задачи вручную весьма трудоемко. Рекомендуется использовать для этой цели средство EXCEL «Поиск решения».

Рассмотрим технологию использования «Поиска решения» на рассматриваемом примере.

Вначале вводятся исходные данные (рис. 9).

Рис. 9

На рисунке 9 в поле с единицами располагаются изменяемые ячейки. В ячейке целевой функции содержится формула суммы произведений матрицы изменяемых ячеек на матрицу затрат.

Далее заполняется окно Поиск решения по пунктам, рассмотренным в части 1. При этом следует учитывать, что при вводе ограничений должны быть введены равенства содержимого ячеек первых столбцов и верхней и нижней строк таблиц, представленных на рисунке 10 (балансовые ограничения транспортной задачи).

Рис. 10

После ввода параметров и нажатия кнопки «выполнить» получаем решение, которое представлено в матрице изменяемых ячеек на рис. 10.

В целевой ячейке записывается величина целевой функции – функционал.

Для наглядности переносим результат решения в клетки матрицы (табл. 2.3).

Таблица 2.3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Мощности | Потребности Вj | Фикт. потр. |
| Аi | В1 = 350 | В2 = 320 | В3 = 190 | В4 = 270 | В5 = 230 | Вф = 240 |
|  |  | 48 |  | 50 |  | 49 |  | 52 |  | 51 |  | 0 |
| А1 = 500 | 350 |  | 0 |  | 150 |  | 0 |  | 0 |  |  |  |
|  |  | 59 |  | 57 |  | 60 |  | 58 |  | 62 |  | 0 |
| А2 = 400 | 0 |  | 0 |  | 0 |  | 160 |  | 0 |  | 240 |  |
|  |  | 48 |  | 45 |  | 46 |  | 47 |  | 44 |  | 0 |
| А3 = 700 | 0 |  | 230 |  | 130 |  | 110 |  | 230 |  | 0 |  |

Анализ результатов решения показывает следующее. Предприятие А1 отправляет реальным потребителям В1 и В3 соответственно по 350 и 150 т запасных частей, что в сумме составляет 500 т. Иначе говоря, мощности предприятия А1 полностью вошли в оптимальный план. Следовательно загрузка мощностей этого предприятия а1 равна также 500 т, то есть 100 %. То же самое имеет место для предприятия А3. Предприятие А2 реальному потребителю В4 отправляет 160 т продукции. Оставшиеся мощности 240 т, как видно из табл. 2.3, приходятся на фиктивный потребитель. Это говорит о том, что мощности А2 востребованы не полностью. Следовательно, загрузка А2 составляет 160 т, то есть 40 %.

Из рис. 2.3. видно, что функционал, то есть суммарные производственные и транспортные затраты, составляет 65050 тыс. руб. Из них производственная составляющая – первый член целевой функции (формула 2.1) – равна 53340 тыс. руб., на транспортную составляющую приходится соответственно 11710 тыс. руб., или 18 %. Высокий удельный вес транспортной составляющей – свыше 5 % – свидетельствует о том, что транспортный фактор оказывает существенное значение на загрузку производственных мощностей для рассматриваемого примера.

**2.3 Исходные данные**

Исходная информация для решения задачи включает в себя показатели, входящие в модель 2.1–2.5. Среди них можно выделить три группы исходных данных.

Первая группа – это показатели производственных мощностей по пунктам их размещения. К ним относятся собственно мощности предприятий по производству запасных частей – Аi и удельные затраты на производство – Зi. Мощности предприятий приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

|  |  |
| --- | --- |
| Ai | Мощности по производству запасных частей в тоннах по вариантам |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A1 | 490 | 500 | 550 | 670 | 1000 | 450 | 670 | 540 | 640 | 570 |
| A2 | 380 | 350 | 690 | 500 | 390 | 600 | 300 | 760 | 290 | 930 |
| A3 | 600 | 640 | 370 | 850 | 740 | 840 | 880 | 580 | 850 | 810 |
| A4 | 750 | 850 | 950 | 450 | 600 | 760 | 490 | 670 | 700 | 350 |
| A5 | 800 | 700 | 450 | 620 | 520 | 620 | 750 | 450 | 580 | 490 |

Удельные затраты на производство рассчитываются по формуле:

(тыс. руб.). (2.6)

Вторая группа показателей – это потребности в запасных частях по пунктам размещения потребителей в тоннах – Вj. Эти данные по вариантам приведены в табл. 2.5.

Третья группа показателей – это затраты на транспортировку запасных частей между пунктами производства и потребления на рассматриваемом полигоне железнодорожной сети. Полигон железнодорожной сети представлен табл. 2.6. Применительно к заданному полигону по вариантам задаются номера узлов железнодорожной сети, в которых размещены предприятия по производству запасных частей (индексы i), и номера узлов, в которых размещены потребители запасных частей (индексы j) (табл. 2.7).

Расчет минимальных транспортных затрат между пунктами производства и потребления осуществляется по формуле:

 (тыс. руб.), (2.7)

где е – расходная ставка на 10 ткм. Для рассматриваемого рода груза принимается равной 80 руб.; L – минимальное расстояние, рассчитываемое для заданного полигона между пунктами производства и потребления, км.

Таблица 2.5

|  |  |
| --- | --- |
| Пункты потребления j | Потребности пунктов потребления по вариантам (т) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 470 | 540 | 240 | 390 | 480 | 460 |
| 2 | 330 | 290 | 430 | 600 | 340 | 840 |
| 3 | 560 | 420 | 620 | 350 | 560 | 430 |
| 4 | 610 | 600 | 320 | 780 | 500 | 590 |
| 5 | 220 | 310 | 790 | 620 | 700 | 300 |
| 6 | 650 | 460 | 600 | 370 | 210 | 450 |
| 7 | 490 | 720 | 400 | 410 | 520 | 510 |
| 8 | 670 | 860 | 610 | 650 | 670 | 680 |
| 9 | 700 | 450 | 730 | 720 | 790 | 520 |
| 10 | 460 | 300 | 540 | 300 | 460 | 400 |

Таблица 2.6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номера узлов | 1–2 | 1–3 | 1–4 | 2–3 | 2–6 | 2–10 | 3–5 | 3–7 | 3–8 | 4–5 |
| Расстояние, км | 110 | 75 | 90 | 160 | 69 | 130 | 150 | 170 | 130 | 98 |
| Номера узлов | 5–8 | 5–9 | 6–7 | 6–10 | 7–8 | 7–11 | 8–9 | 8–12 | 7–8 | 7–11 |
| Расстояние, км | 49 | 112 | 125 | 98 | 117 | 135 | 100 | 95 | 117 | 135 |
| Номера узлов | 8–9 | 8–12 | 9–12 | 9–13 | 10–11 | 10–14 | 11–12 | 11–14 | 12–13 | 12–15 |
| Расстояние, км | 100 | 95 | 110 | 113 | 95 | 117 | 150 | 105 | 190 | 170 |
| Номера узлов | 13–15 | 14–15 | 14–16 | 15–16 |  |  |  |  |  |  |
| Расстояние, км | 200 | 140 | 79 | 130 |  |  |  |  |  |  |

Таблица 2.7

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варианты | Номера узлов размещения мощностей – индексы i | Номера узлов размещения потребителей – индексы j |
| 1 | 1 | 8 | 10 | 13 | 16 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 9 | 11 | 12 | 14 | 15 |
| 2 | 3 | 5 | 6 | 13 | 14 | 1 | 2 | 4 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 16 |
| 3 | 2 | 4 | 7 | 9 | 15 | 3 | 5 | 8 | 6 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 |
| 4 | 1 | 5 | 6 | 11 | 16 | 2 | 3 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 13 | 14 | 15 |

**2.4 Последовательность решения задачи**

Решение задачи осуществляется по вариантам применительно к табл. 2.4, 2.5 и 2.7. Расчет вариантов должен быть приведен в работе. Выполнение задачи осуществляется в следующем порядке.

1. Постановка задачи и формулировка экономико-математической модели в соответствии с заданной размерностью.

2. Определение показателей производственных мощностей. Величины мощностей берутся из табл. 2.4, а производственные затраты рассчитываются по формуле 2.6.

3. Расчет затрат на транспортировку единицы запасных частей между пунктами производства и потребления. Для этого по табл. 2.7 строится схема рассматриваемого полигона железных дорог – транспортная сеть, как это показано на фрагменте (рис. 11).

90

98

150

75

160

110

69

2

1

3

4

5

6

Рис. 11

На транспортной сети по соответствующему варианту выделяются узлы, в которых размещены производственные мощности и потребители запасных частей. Далее непосредственно по сети рассчитываются кратчайшие расстояния между каждым пунктом производства и потребления.

Результаты расчета заносятся в таблицу формы соответствующей табл. 2.1. Затраты на транспортировку рассчитываются по формуле 2.7 в таблице аналогичной формы.

4. Построение расчетной матрицы. Расчетная матрица, соответствующая табл. 2.2, строится на основе подготовленных ранее исходных данных. По существу она представляет собой экономико-математическую модель решаемой задачи в матричной форме.

5. Расчет оптимального плана транспортной задачи для расчетной матрицы. Расчет может быть выполнен вручную [2, 3, 4, 7], либо с применением соответствующих программных продуктов. Рекомендуется использовать для этой цели средства EXCEL «Поиск решения», как это было показано ранее с приложением листинга. Результат решения транспортной задачи оформляется согласно табл. 2.3.

6. Расчет показателей оптимального плана загрузки производственных мощностей. Показатели загрузки мощностей по каждому пункту определяются по строкам расчетной матрицы, в которой представлен результат решения транспортной задачи. Загрузка будет равна объему поставок продукции реальным потребителям, то есть без фиктивного. Далее рассчитываются затраты в целом по оптимальному плану и, в том числе, на производство и транспортировку продукции.

7. Анализ показателей оптимального плана и выводы.

**3. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА (МОДЕЛЬ «ЗАТРАТЫ–ВЫПУСК»)**

**3.1 Методика решения задачи**

Эффективное функционирование экономики предполагает наличие баланса между отдельными отраслями. Каждая отрасль при этом выступает двояко: с одной стороны, как производитель некоторой продукции, а с другой – как потребитель продуктов, вырабатываемых другими отраслями. Для наглядного выражения взаимной связи между отраслями используют таблицы определенного вида, которые называют таблицами межотраслевого баланса.

Рассмотрим наиболее простой вариант модели межотраслевого баланса (модель Леонтьева, или модель «затраты–выпуск»).

Алгебраическая теория анализа «затраты–выпуск» сводится к системе линейных уравнений, в которых параметрами являются коэффициенты затрат на производство продукции.

Пусть весь производственный сектор народного хозяйства разбит на n чистых отраслей. Чистая отрасль (это условное понятие) – некоторая часть народного хозяйства, более или менее цельная (например, энергетика, машиностроение, сельское хозяйство и т. п.).

Пусть xij – количество продукции i-й отрасли, расходуемое в j-й отрасли; xi – объем производства i-й отрасли за данный промежуток времени, так называемый валовой выпуск продукции i; yi – объем потребления продукции i-й отрасли в непроизводственной сфере, объем конечного потребления; zj – условно чистая продукция, которая включает оплату труда, чистый доход и амортизацию.

Единицы измерения всех указанных величин могут быть или натуральными (кубометры, тонны, штуки и т. п.), или стоимостными. В зависимости от этого различают натуральный и стоимостной межотраслевые балансы. Мы будем рассматривать стоимостной баланс.

В табл. 3.1 отражена принципиальная схема межотраслевого баланса в стоимостном выражении.

Таблица 3.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Производящие отрасли | Потребляющие отрасли | Конечный продукт | Валовой продукт |
| 1 | 2 | ….. | n |
| 12….N | X11X21….Xn1 | X12X22….Xn2 | ….….….…. | X1nX2n….Xnn | y1y2….yn | X1X2….Xn |
| Условно чистая продукция | Z1 | Z1 | …. | Z1 |  |  |
| Валовой продукт | X1 | X2 | …. | Xn |  |  |

Во-первых, рассматривая схему баланса по столбцам, можно сделать очевидный вывод, что итог материальных затрат любой потребляющей отрасли и ее условно чистой продукции равен валовой продукции этой отрасли. Данный вывод можно записать в виде соотношения:

 (3.1)

Величина условно чистой продукции Z, равна сумме амортизации, оплаты труда и чистого дохода j-й отрасли. Соотношение (1) охватывает систему из п уравнений, отражающих стоимостной состав продукции всех отраслей материальной сферы.

Во-вторых, рассматривая схему МОБ по строкам для каждой производящей отрасли, можно видеть, что валовая продукция той или иной отрасли равна сумме материальных затрат потребляющих ее продукцию отраслей и конечной продукции данной отрасли:

 (3.2)

Формула (3.2) описывает систему из n уравнений, которые называются уравнениями распределения продукции отраслей материального производства по направлениям использования.

Балансовый характер таблицы выражается в том, что:

.

.

Основу экономико-математической модели МОБ составляет матрица коэффициентов прямых материальных затрат А = (аij).

Коэффициент прямых материальных затрат аij показывает, какое количество продукции i-й отрасли необходимо, если учитывать только прямые затраты, для производства единицы продукции j-й отрасли:

, i,j = 1, 2, …, n. (3.3)

Формула 3.3 предполагает следующие допущения.

Первое состоит в том, что сложившуюся технологию производства считаем неизменной. Таким образом, матрица А = (аij) постоянна.

Второе состоит в постулировании свойства линейности существующих технологий, т. е. для выпуска j-й отраслью любого объема продукции Xj,- необходимо затратить продукцию отрасли i в количестве аijXj,-, т. е. материальные издержки пропорциональны объему производимой продукции:

. (3.4)

Подставляя (3.4) в балансовое соотношение (3.2), получаем

 (3.5)

или в матричной форме

 . (3.6)

С помощью этой модели можно выполнять три вида плановых расчетов.

•Задав в модели величины валовой продукции каждой отрасли (X,-), можно определить объемы конечной продукции каждой отрасли (Y,):

. (3.7)

• Задав величины конечной продукции всех отраслей (Yi), можно определить величины валовой продукции каждой отрасли (Xi):

. (3.8)

•Для ряда отраслей задав величины валовой продукции, а для всех остальных – объемы конечной продукции, можно найти величины конечной продукции первых отраслей и объемы валовой продукции вторых.

В формулах (3.7) и (3.8) Е обозначает единичную матрицу n-го порядка, а (E-A)–1 –матрицу, обратную матрице (Е - А). Если определитель матрицы (Е - А) не равен нулю, т. е. эта матрица невырожденная, то обратная к ней матрица существует. Обозначим эту обратную матрицу через В = (Е- А)–1 тогда систему уравнений в матричной форме (3.8) можно записать в виде

. (3.9)

Элементы матрицы В называются коэффициентами полных материальных затрат. Они показывают, сколько всего нужно произвести продукции n-й отрасли для выпуска в сферу конечного использования единицы продукции j-й отрасли. норма больше единицы.

Пример

Даны коэффициенты прямых затрат aij и конечный продукт Уi,- для трехотраслевой экономической системы:

Требуется:

1. Рассчитать все параметры межотраслевого баланса.

2. Заполнить схему межотраслевого баланса.

Для решения задачи можно воспользоваться формулой (3.5), которая считается основным математическим соотношением межотраслевого баланса. Для этого составляется и решается соответствующая система линейных уравнений для нахождения объемов валовой продукции по отраслям. После этого вычисляются по приведенным формулам все остальные параметры.

Средства EXCEL позволяют организовать вычислительную процедуру более эффективно, решая задачу в матричной форме на основе формулы (3.9). Решение будем осуществлять в окне EXCEL, представленном табл. 3.2. Вначале в ячейки В2:D4 внесем матрицу коэффициентов прямых материальных затрат. Далее рассчитаем величины Е – А.

Таблица 3.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | A | B | C | D | E | F | G |
| 12345678 | АЕ-А | 0,30,20,30,7– 0,2– 0,3 | 0,10,50,1– 0,10,5– 0,1 | 0,400,2– 0,400,8 |  |  |  |
| 910111213 | В | 2,04080,81630,8673 | 0,61222,24480,5102 | 1,02040,40811,6836 |  | Y | 200100300 |
| 1415161718 | Х | 775,5102510,2041729,5918 |  |  |  |  |  |
| 19202122 | Xij | 232.6531155.102232.6531 | 51.02041255.10257.02041 | 291.83670145.9183 |  |  |  |

Выделим диапазон B10:D12 для размещения обратной матрицы В = (Е- А)-1 и введем формулу для вычислений MOБP(B6:D8). Затем следует нажать клавиши SHIFT+CTRL+ENTER. Все элементы матрицы коэффициентов полных затрат В неотрицательны, следовательно, матрица А продуктивна.

В ячейки G10:G12 запишем элементы вектора конечного продукта Y. Выделим диапазон В15:В17 для размещения вектора валового выпуска X, вычисляемого по формуле

X = (Е- А)– 1 ∙ Y.

Затем вводим формулу для вычислений МУМНОЖ (B10:D12,G10:G12). Затем следует нажать клавиши SHIFT+CTRL+ENTER.

Межотраслевые поставки Хij вычисляем по формуле

.

Заполняем схему МОБ (табл. 3.3).

Таблица 3.3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Производящие отрасли | Потребляющие отрасли | Конечный продукт | Валовой продукт |
| 1 | 2 | 3 |
| 123 | 232,6155,1232,6 | 51,0255,051,1 | 291,80,0145,9 | 200100300 | 775,3510,1729,6 |
| Условно чистая продукция | 155,0 | 153,1 | 291,9 | 600 |  |
| Валовой продукт | 775,3 | 510,1 | 729,6 |  | 2015 |

**3.2 Исходные данные**

Целью решаемой задачи является прогноз развития народного хозяйства на заданную перспективу путем разработки перспективного межотраслевого баланса для экономики, включающей 5 отраслей. В качестве исходных данных принимаем реальный отчетный баланс народного хозяйства СССР за 1988 г. [6], приведенный в табл. 3.4.

Таблица 3.4 **Межотраслевой баланс производства и распределения продукции в народном хозяйстве за год, млн руб.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Отрасли народного хозяйства | Конечный продукт | Всего распределено |
| Промышленность | 9. строительство | 10. сельское и лесное хозяйство | 11. сфера обращения, транспорт и связь | 12. др. виды деятельности |
| 1. электроэнергетика | 2. топливная | 3. черная и цветная металлургия | 4. \_ашинческая и нефтехимическая | 5. \_ашиностроение  | 6. лесные и строительные материалы | 7. легкая | 8. пищевая |
| **1. Материальные****затраты** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.1. электроэнергетика | 253,4 | 2503,4 | 3472,2 | 3824,8 | 4831,9 | 2440,7 | 914,2 | 1011,4 | 1645 | 1291,5 | 3468,8 | 59,6 | 10913,6 | 36630,5 |
| 1.2. топливная промышл-ть | 14257,1 | 23884,1 | 6639,5 | 3467,8 | 3440,8 | 3897 | 331,6 | 1598,7 | 2544,8 | 4011 | 7182,2 | 36,9 | 24576 | 95867,5 |
| 1.3. черная и цветная металлургия | 260,4 | 276 | 37486,7 | 2438,8 | 34266 | 3199,9 | 157,1 | 543,6 | 8901,6 | 190,4 | 286,6 | 11,2 | 3958,4 | 91976,7 |
| 1.4. химическая и нефтехимическая промышлть | 124,3 | 909,7 | 1268,4 | 21120 | 11559 | 2917,1 | 5702,3 | 933,6 | 2890,4 | 8883 | 1527 | 92,3 | 15654 | 73581,1 |
| 1.5. машиностроение | 1831,6 | 1475,6 | 2963,6 | 2475,8 | 98519,3 | 3311,6 | 1006,7 | 2405,4 | 14349 | 25113,4 | 4375,5 | 1653,4 | 186932,3 | 346413,2 |
| 1.6. лесные и строительные материалы | 102,9 | 613,8 | 590,3 | 1877,3 | 5652,3 | 23686,5 | 616,5 | 2297,9 | 39340,4 | 1950,2 | 1889,3 | 888,8 | 19467,8 | 98974 |
| 1.7. легкая промышлть | 53,6 | 137,2 | 318,9 | 1921,6 | 4434,6 | 1797,2 | 74048,8 | 1198,1 | 897 | 903,5 | 952,8 | 222,2 | 73502,9 | 160388,4 |
| 1.8. пищевая промышл-ть | 36,1 | 50,1 | 91,6 | 1134,3 | 2998,9 | 173 | 638,8 | 55631,5 | 108,2 | 6730,6 | 748,7 | 5,8 | 158895,3 | 227242,9 |
| 1.9. строительство | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 173560,5 | 173560,5 |
| 1.10. сельское и лесное хозяйство | 1,1 | 1,2 | 3,1 | 63 | 10062,6 | 998,7 | 17696,5 | 141827,8 | 71,5 | 48661,3 | 720,8 | 0 | 68344,4 | 288452 |
| 1.11 сфера обращения, транспорт и связь | 296,9 | 24262,2 | 6514,7 | 6352,4 | 16313,3 | 16009,2 | 9942,3 | 26804,7 | 2518,6 | 11269,1 | 660,3 | 2926,1 | 5448,8 | 12931,6 |
| 1.12 др. виды деятельности | 22,9 | 99,7 | 636,2 | 189,8 | 692,8 | 177,5 | 148,8 | 226,8 | 407,4 | 266 | 770 | 564,7 | 10243,1 | 14445,7 |
| **2. заработная плата и чистый доход** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.1 Оплата труда | 2848,2 | 7473,7 | 7575,1 | 5901,4 | 57488,6 | 16773,2 | 13037,3 | 9018,5 | 61668,0 | 106129,0 | 40643,0 | 4257,0 | 332813,0 |  |
| 2.2 Чистый доход | 16542,1 | 34180,8 | 24418,4 | 22814,0 | 96153,1 | 23292,4 | 36149,5 | –16257,1 | 38218,6 | 73053,0 | 66093,6 | 4025,7 | 418684,1 |  |
| вся чистая продукция | 19390,3 | 41654,5 | 31993,5 | 28715,4 | 153641,7 | 40065,6 | 49186,8 | –7238,6 | 99886,6 | 179182,0 | 106736,6 | 8282,7 | 751497,1 |  |
| **3. Валовая продукция** | 36630,5 | 95867,5 | 91976,7 | 73581,1 | 346413,2 | 98974 | 160388,4 | 227242,9 | 173560,5 | 288452 | 12931,6 | 14445,7 |  | 1736851,1 |

По вариантам каждому студенту задается вектор роста конечной продукции по отраслям, %, отражающий перспективный рост народнохозяйственных потребностей (табл. 3.5).

Таблица 3.5

**3.3 Последовательность выполнения расчётно-графической задачи**

Поскольку задача формулируется и решается для 5-отраслевой экономики, исходный баланс (табл. 3.4), включающий 12 отраслей, агрегируется, т. е. объединяется до 5 отраслей. Каждый студент это выполняет самостоятельно, руководствуясь экономической целесообразностью. Например, можно выделить такие отрасли, как добывающая промышленность, обрабатывающая промышленность, энергетика, сельское хозяйство и прочие отрасли. По ним группируются данные из табл. 3.4. При этом даются соответствующие пояснения. В процессе агрегирования следует учитывать, что в табл. 3.4 представлена расширенная схема межотраслевого баланса, в которой содержатся промежуточные итоги по отдельным группам показателей. Разработанная схема отчетного агрегированного межотраслевого баланса, состоящего из пяти отраслей, должна соответствовать табл. 3.1.

По своему варианту (табл. 3.4), который определяется аналогично задаче 1, студенты рассчитывают перспективные уровни конечной продукции, увеличивая в агрегированном балансе конечную продукцию по отраслям на установленный процент.

По формуле (3.3) для агрегированного баланса вычисляется матрица коэффициентов прямых материальных затрат. Далее выполняется расчет всех показателей межотраслевого баланса. Расчет можно выполнять по формуле (3.5), решая соответствующую систему из пяти линейных уравнений, либо в матричной форме так, как это показано в предыдущем примере. По результатам расчета составляется схема перспективного межотраслевого баланса.

При ее заполнении условно чистую продукции целесообразно разделить на две составляющих – амортизацию, оплату труда и чистый доход. При этом следует руководствоваться соотношениями исходного баланса и современными тенденциями экономики.

Заключительный раздел – это анализ результатов решения и выводы. Используя прием экономического анализа – сравнение, – подробно анализируется изменение всех показателей в перспективном межотраслевом балансе и делается вывод о возможностях практического применения межотраслевого балансового метода.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Вентцель, Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1980.

2. Курицкий, Б. Я. Поиск оптимальных решений средствами EXCEL 7.0 / Б. Я.Курицкий. – СПб. : BHV–Санкт-Петербург, 1997.

3. Математическое моделирование экономических процессов на железнодорожном транспорте / под ред. А. Б. Каплана. – М. : Транспорт, 1984.

4. Математическое программирование / под ред. Н. Ш. Кремера. – М. : Финстатинформ, 1995.

5. Мур, Дж. Экономическое моделирование в Microsoft Excel / Дж. Мур, Л. Р. Уэдерфорд. – М., Санкт-Петербург, Киев : Вильямс, 2004.

6. Народное хозяйство СССР в 1988 г. – М. : Финансы и статистика, 1989.

7. Орлова, И. В. Экономико-математические методы и модели. Выполнение расчетов в среде EXEL : практ. / И. В. Орлова. – М. : Финстатинформ, 2000.

8. Шапкин, А. С. Математические методы и модели исследования операций : учеб. / А. С. Шапкин, Н. П. Мазаева. – М. : Дашков и Ко, 2003.

9. Экономико-математические методы и прикладные модели. – М. : ЮНИТИ, 1999.