

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского  
Институт экономики, управления и прикладной информатики  
Кафедра информатики и математического моделирования

Асалханов П.Г.

***«Информационные технологии  
в сельском хозяйстве»***

Методические указания для выполнения лабораторных работ  
для студентов направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика

Молодежный 2021

**Лабораторная работа № 1.**  
**Задача линейного программирования**

**Цель:** познакомиться с формулировкой экономико-математической задачи, принципами построения математической и развернутой экономико-математической модели.

1. В тетрадях записать тему.
2. Переписать задачу.
3. Записать кратко постановку задачи, описав три ее элемента:
  - ◆ Что необходимо определить
  - ◆ Исходная информация
  - ◆ Критерий оптимальности
4. Записать математическую модель задачи с условными обозначениями.
5. Записать развернутую экономико-математическую модель:
  - ◆ Систему переменных
  - ◆ Систему ограничений
  - ◆ Целевую функцию.

**Задача линейного программирования**

**1. Постановка задачи**

Оптимизировать структуру посевных площадей.

Возделывается пшеница, ячмень, однолетние травы и корнеплоды. Пашня составляет 250 га, трудовые ресурсы – 3100 чел.час, удобрения – 40000 ден.ед.

Критерий оптимальности – максимум прибыли.

*1. Исходные данные:*

Показатели	Пшеница	Ячмень	Од.травы	Корнеплоды
Прибыль, ден.ед./га	600	100	200	400
Пашня, га	1	1	1	1
Труд. ресурсы, чел.час/га	10	10	5	50
Удобрения, ден.ед./га	200	150	100	120

**2. Математическая запись модели**

*Условные обозначения:*

$x_j$  – переменные, площади под каждой культурой, га

$a_{ij}$  – технико-экономические показатели, нормы расхода ресурса на 1 га

$b_i$  – объемы ограничений, количество каждого ресурса  
 $c_j$  – коэффициенты целевой функции, прибыль с 1 га от возделывания каждой культуры, ден.ед.

$F$  – значение целевой функции

$$\begin{cases} F = \sum c_j * x_j \rightarrow \max \\ \sum a_{ij} * x_j \leq b_i \\ x_j \geq 0 \end{cases}$$

$j$  – номер переменной,  $i$  – номер ограничения

### 3. Развернутая экономико-математическая модель

*Система переменных:*

$X_1$  – площадь, которую необходимо отвести под пшеницу, га

$X_2$  – площадь, которую необходимо отвести под ячмень, га

$X_3$  – площадь, которую необходимо отвести под однолетние травы, га

$X_4$  – площадь, которую необходимо отвести под корнеплоды, га

*Система ограничений:*

1. По использованию пашни, га

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 250$$

2. По использованию трудовых ресурсов, чел. час

$$10X_1 + 10X_2 + 5X_3 + 50X_4 \leq 3100$$

3. По использованию удобрений, ден.ед.

$$200X_1 + 150X_2 + 100X_3 + 120X_4 \leq 40000$$

*Целевая функция:*

$$F = 600X_1 + 100X_2 + 200X_3 + 400X_4 \rightarrow \max$$

### *Лабораторная работа № 2.*

#### **Развернутая экономико-математическая модель**

**Цель:** получить навыки постановки задачи и разработки развернутой экономико-математической модели.

- В тетрадях записать тему и по каждой задаче:
- Описать три элемента Постановки задачи:

- Что необходимо определить
- Исходная информация
- Критерий оптимальности
- Построить развернутую экономико-математическую модель:
  - ◆ Систему переменных, Систему ограничений, Целевую функцию.
- После каждой задачи оставлять по одной странице для последующего анализа

**Задача №1.** Оптимизировать суточный рацион для коров, продуктивность которых может быть обеспечена, если в рационе будет содержаться не менее 9,4 кг кормовых единиц и 987 г переваримого протеина.

По зоотехническим требованиям в структуре рациона концентраты могут составлять не более 2,5 кг, а сено – не более 5 кг.

Критерий оптимальности – минимум себестоимости рациона.

### 2. Корма, их питательность и себестоимость

Корма	Содержится в 1 кг		Себестоимость 1 кг, ден.ед.
	Корм. ед., кг	Перевар.прот., г	
Концентраты	1	100	3,0
Силос	0,2	14	0,5
Корнеплоды	0,12	9	1,4
Сено	0,5	79	2,0

**Задача №2.** Оптимизировать структуру посевных площадей. Выход кормов должен быть максимальным.

В хозяйстве на зеленый корм возделывается четыре культуры: однолетние травы, многолетние травы, озимая рожь и пожнивные культуры. Под посеvy отведено 1800 га. По плану требуется произвести: 5600 ц кормовых единиц, в том числе в мае не менее 7%, в июне – 20%, в июле – 20%, в августе – 20% и в сентябре – 14% от общей потребности в зеленых кормах.

### 3. Поступление зеленой массы с 1 га, ц корм.ед.

Культура	в том числе					
	Всего	май	июнь	июль	август	сентябрь
Однолетние травы	21,00	-	-	21,00	-	-
Многолетние травы	30,45	-	11,14	6,09	7,12	6,10
Озимая рожь	14,34	14,34	-	-	-	-
Пожнивные культуры	16,21	-	-	-	16,21	-

### Задача №3.

Оптимизировать распределение минеральных удобрений под пшеницу и картофель. Хозяйство имеет следующие удобрения, ц д.в.: азотные – 220, фосфорные – 260 и калийные – 170. Необходимо получить за счет внесения удобрений 2000 ц пшеницы и 3000 ц картофеля.

Критерий оптимальности – максимум прибавки стоимости урожая за счет внесения удобрений.

#### 4. Исходные показатели

Показатели	Пшеница	Картофель
1. Площадь, га	300	100
2. Дозы внесения удобрений, ц д.в./га		
8. азотных	0,6	0,9
9. фосфорных	0,8	0,6
10. калийных	0,5	0,8
3. Прибавка урожая за счет внесения удобрений:		
- ц/га	10	50
- руб/га	140	650

#### Задача №4.

Оптимизировать структуру посевных площадей, обеспечивающих максимальную выручку. Хозяйство имеет 2200 га пашни. Необходимо произвести не менее 190 т ржи, 1580 т пшеницы и 3000 т кукурузы.

#### 5. Исходные данные

Показатели	Рожь	Пшеница	Кукуруза
Урожайность, ц/га	15	22	35
Выручка за 1 ц, ден.ед	2	2,8	1,4

#### Задача №5

Определить оптимальный план сочетания способов уборки многолетних трав на сено, сенаж и силос. Площадь посева трав составляет 1000 га, ресурсы труда – 15760 чел.-час. Требуется произвести не менее 21000 ц кормовых единиц грубых кормов и 12000 ц кормовых единиц силоса.

Критерий оптимальности – максимум производства кормов.

#### 6. Исходная информация

Показатели	Многолетние травы		
	на сено	на сенаж	на силос
Выход продукции, ц/га	50	125	250
Затраты труда на 1 ц, чел. час	0,2	0,128	0,1
Содержание кормовых единиц в 1 ц корма, ц	0,5	0,4	0,16

### Лабораторная работа №3

#### Решение задач линейного программирования симплексным методом с помощью сервисной функции электронной таблицы MS Excel «Поиск решения»

**Цель:** получить и закрепить навыки решения задачи линейного программирования симплексным методом с помощью сервисной функции Поиск решения.

1. В тетрадях записать тему.
2. Используя алгоритм решения задачи решить задачу из 1 лабораторной работы.
3. Решить все задачи из второй лабораторной работы.

### Алгоритм решения задач линейного программирования с помощью сервисной функции Excel

#### 1. Ввод данных Задачи линейного программирования в таблицу Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Переменные</b>							
2	Имя	x1	x2	x3	x4			
3	Значения							
4	Нижняя граница							
5	Верхняя граница					ЦФ		
6	Коэфф.ЦФ	600	100	200	400	0	max	
7	<b>Ограничения</b>							
8	Вид ограничения					лев.ч	знак	прав.ч
9	1.Пашня, га	1	1	1	1	0	<=	250
10	2.Труд.ресурсы, чел.ч	10	10	5	50	0	<=	3100
11	3.Удобрения, ден.ед.	200	150	100	120	0	<=	40000

Рис. 1.

- 1) По задаче 1 заполняется таблица «Переменные»:
  - в строке Имя вводятся имена переменных ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ );
  - в строке Значения (B3:E3), которая не заполняется, будут высвечиваться промежуточные и оптимальные значения переменных;
  - в строке Нижняя граница (B4:E4), которая не заполняется, по умолчанию каждая ячейка этой строки содержит ноль; используется для задания условия не отрицательности переменных; при необходимости может быть введена нижняя граница для переменных;
  - строка Верхняя граница заполняется при необходимости задания верхней границы переменным, в нашем примере не заполняется;
  - в строке Коэффициенты целевой функции (B6:E6) вводятся коэффициенты целевой функции из модели.
- 2) В ячейку Целевой функции (F6) вводится функция Сумма произведения ячеек строки Значения на ячейки строки Коэффициенты целевой функции:

=СУММПРОИЗВ (\$B\$3:\$E\$3;B6:E6)
1 массив с абсолютной адресацией, 2 массив с относительной

- 3) Заполняется таблица «Ограничения», для каждого ограничения:
  - из модели вводятся технико-экономические коэффициенты;
  - в столбец Знак (G9:G11) проставляется знак ограничения;
  - в столбец Правая часть (H9:H11) вводятся объемы ограничений;

- в столбец Левая часть (F9:F11) копируется формула из Целевой ячейки

=СУММПРОИЗВ (\$B\$3:\$E\$3;B9:E9)
=СУММПРОИЗВ (\$B\$3:\$E\$3;B10:E10)
=СУММПРОИЗВ (\$B\$3:\$E\$3;B11:E11)

## 2. Заполнение окна «Поиск решения»

- 1) Курсор установить в Целевую ячейку (F6)
- 2) В меню выбрать Сервис, Поиск решения...
- 3) Заполнить окно «Поиск решения» (рис.2).

- Если в поле «Установить целевую ячейку» высвечивается адрес, который не является адресом целевой ячейки, то необходимо отодвинуть окно и щелкнуть мышью по целевой ячейке – в поле появится адрес Целевой ячейки (F6).
- Установить переключатель в положение Равной • максимальному значению.
- В поле «Изменяя ячейки» мышью ввести интервал ячеек строки Значения из таблицы «Переменные» \$B\$3:\$E\$3.

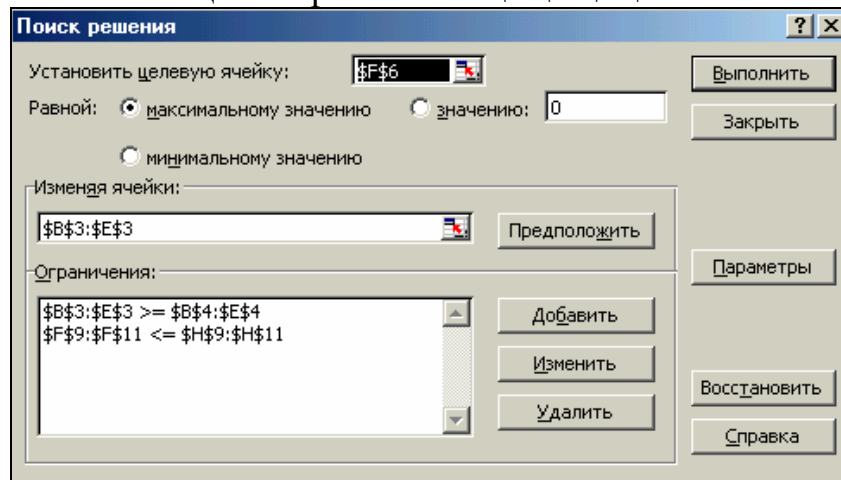


Рис.2.

- Заполнить поле «Ограничения»:
  - ◆ щелкнуть мышью в поле «Ограничения»;
  - ◆ щелкнуть мышью на кнопке «Добавить»;
  - ◆ Заполнить окно «Добавление ограничения» (Рис.3,4):
  - ◆ **Первым всегда вводим Граничное условие** – все переменные должны быть больше или равны нулю (Рис.3):
    - щелкнуть мышью в поле «Ссылка на ячейку»;
    - выделить мышью интервал ячеек строки Значения (\$B\$3:\$E\$3);
    - изменить знак, выбрав из списка >=;
    - щелкнуть мышью в поле «Ограничения»;
    - выделить мышью строку Нижняя граница (B4:E4);
    - нажать кнопку Добавить.

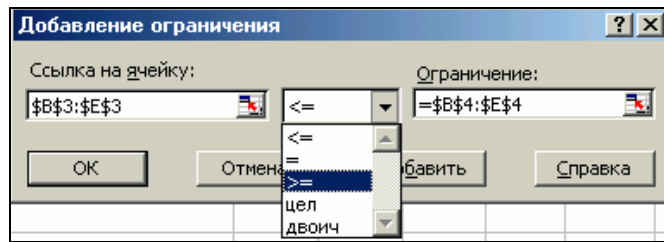


Рис.3.

- ◆ В новом окне **Добавление ограничения** ввести следующее ограничение, так как все ограничения в модели имеют одинаковый знак, то все остальные ограничения можно ввести одним выражением (Рис.4):
  - щелкнуть мышью в поле «Ссылка на ячейку»;
  - выделить мышью интервал ячеек столбца **Левая часть** (\$F\$9:\$F\$11);
  - оставить знак без изменения <=;
  - щелкнуть мышью в поле «Ограничения»;
  - выделить мышью столбец **Правая часть** (\$H\$9:\$H\$11);
  - нажать кнопку **OK**.

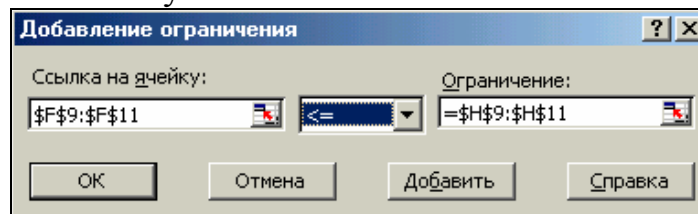


Рис.4.

- 4) Заполнить окно **Параметры**.
  - В окне **Поиск решения** (Рис.2) нажать кнопку **Параметры**.
  - В окне **Параметры** (Рис.5) установить флажки в положения: **Линейная модель** и **Показывать результаты итераций**.
  - Нажать кнопку **OK**.
  - Будет осуществлен переход в окно **Поиск решения** (Рис.2).

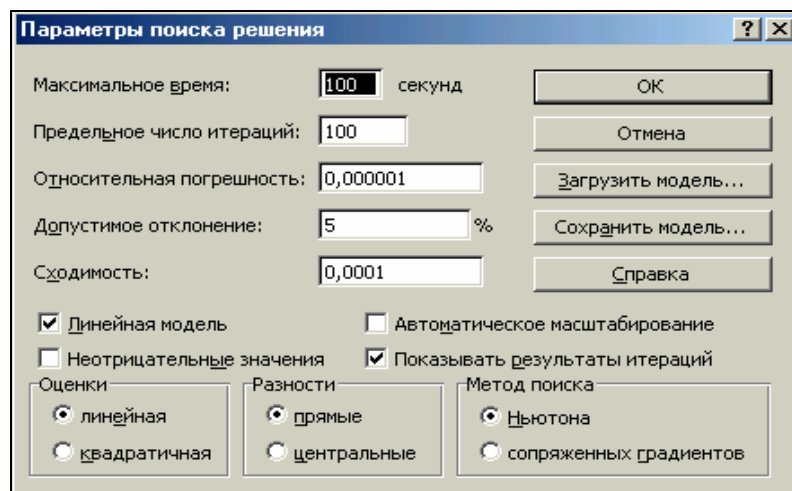


Рис.5.

- 5) Получить оптимальное решение
  - В окне **Поиск решения** нажать кнопку **Выполнить**.



- На экране появится результат первой итерации (Рис.6).
- В окне Текущее состояние поиска решения нажать кнопку Продолжить – на экране появится результат следующей итерации, который будет оптимальным решением (Рис.7).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Переменные</b>							
2	Имя	x1	x2	x3	x4			
3	Значения	200	0	0	0			
4	Нижняя граница							
5	Верхняя граница					<b>ЦФ</b>		
6	Коэфф.ЦФ	600	100	200	400	120000	max	
7	<b>Ограничения</b>							
8	Вид ограничения					лев.ч	знак	прав.ч
9	1.Пашня, га	1	1	1	1	200	<=	250
10	2.Труд.ресурсы, чел.ч	10	10	5	50	2000	<=	3100
11	3.Удобрения, ден.ед.	200	150	100	120	40000	<=	40000
12	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: right; margin: 0;">Текущее состояние поиска решения <span style="float: right;">? X</span></p> <p style="font-size: small; margin: 5px 0;">Поиск решения приостановлен. Текущие значения показаны на рабочей листе.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <span>Сохранить сценарий...</span> <span>Продолжить</span> <span>Стоп</span> <span>Справка</span> </div> </div>							
13								
14								
15								
16								

Рис.6.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Переменные</b>							
2	Имя	x1	x2	x3	x4			
3	Значения	185	0	0	25			
4	Нижняя граница							
5	Верхняя граница					<b>ЦФ</b>		
6	Коэфф.ЦФ	600	100	200	400	121000	max	
7	<b>Ограничения</b>							
8	Вид ограничения					лев.ч	знак	прав.ч
9	1.Пашня, га	1	1	1	1	210	<=	250
10	2.Труд.ресурсы, чел.ч	10	10	5	50	3100	<=	3100
11	3.Удобрения, ден.ед.	200	150	100	120	40000	<=	40000

Рис.7.

- Об этом появится сообщение в окне «Результаты поиска решения» (Рис.8).

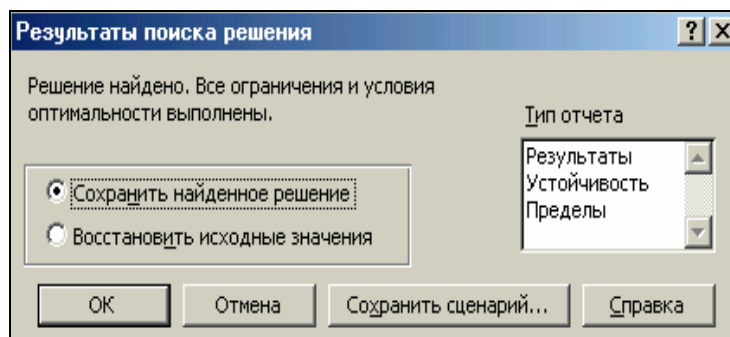


Рис.8.

- В окне «Результаты поиска решения» мышью выбрать Тип отчета «Устойчивость» и нажать кнопку ОК (Рис.8).
- В окне «Результаты поиска решения» мышью выбрать Тип отчета «Устойчивость» и нажать кнопку ОК (Рис.8).
- В результате на текущем листе останется модель с оптимальным решением (Рис.7), а на предыдущем листе будет сформирован Отчет по устойчивости 1 (Рис.9).

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
1	<b>Microsoft Excel 9.0 Отчет по устойчивости</b>							
2	<b>Рабочий лист: [симп_мет.xls]спп</b>							
3	<b>Отчет создан: 27.02.2002 0:22:18</b>							
4								
5								
6	Изменяемые ячейки							
7				<b>Результ.</b>	<b>Нормир.</b>	<b>Целевой</b>	<b>Допустимое</b>	
8	<b>Ячейка</b>	<b>Имя</b>		<b>значение</b>	<b>стоимость</b>	<b>Кэффициент</b>	<b>Увел-ие</b>	<b>Умень-ие</b>
9	\$B\$3	Значения x1		185	0	600	66,67	200
10	\$C\$3	Значения x2		0	-352,27	100	352,27	1E+30
11	\$D\$3	Значения x3		0	-100	200	100	1E+30
12	\$E\$3	Значения x4		25	0	400	2600	40
13								
14	Ограничения							
15				<b>Результ.</b>	<b>Теневая</b>	<b>Ограничение</b>	<b>Допустимое</b>	
16	<b>Ячейка</b>	<b>Имя</b>		<b>значение</b>	<b>Цена</b>	<b>Правая часть</b>	<b>Увел-ие</b>	<b>Умень-ие</b>
17	\$F\$9	1.Пашня, га лев.ч		210	0	250	1E+30	40
18	\$F\$10	2.Труд.ресурсы, чел.		3100	0,91	3100	4400	1100
19	\$F\$11	3.Удобрения, ден.ед.		40000	2,95	40000	8800	32560

Рис.9.

#### **Лабораторная работа № 4.**

#### **Анализ оптимального решения и его устойчивости**

**Цель:** получить и закрепить навыки анализа оптимального решения задачи линейного программирования и Отчета по устойчивости.

1. В тетрадях записать тему.
2. Прочитать анализ оптимального решения и его устойчивости.
3. Записать алгоритм анализа оптимального решения.
4. Записать алгоритм анализа устойчивости оптимального решения.
5. Проанализировать все решенные задачи.
6. Записать в тетрадь после каждой задачи анализ оптимального решения и его устойчивости.

## Анализ оптимального решения и его устойчивости

### 1. Анализ оптимального решения

Анализ проводится по таблицам Переменные и Ограничения после получения оптимального решения (Рис.10).

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
1	Переменные							
2	Имя	x1	x2	x3	x4			
3	Значения	185	0	0	25			
4	Нижняя граница							
5	Верхняя граница					ЦФ		
6	Коэфф.ЦФ	600	100	200	400	121000	max	
7	Ограничения							
8	Вид ограничения					лев.ч	знак	прав.ч
9	1.Пашня, га	1	1	1	1	210	<=	250
10	2.Труд.ресурсы, чел.ч	10	10	5	50	3100	<=	3100
11	3.Удобрения, ден.ед.	200	150	100	120	40000	<=	40000

Рис.10.

*По строке «Значение»:*

По оптимальному плану необходимо возделывать пшеницу на площади 185 га и корнеплоды – на площади 25 га.

Однолетние травы и ячмень возделывать нецелесообразно.

*По столбцам Левая и Правая часть:*

При этом площадь пашни будет использована неполностью, в резерве останется 40 га; трудовые ресурсы и удобрения будут использованы полностью.

*По значению Целевой функции (ячейки):*

При такой структуре посевных площадей прибыль будет максимальной и составит 121000 денежных единиц.

### 2. Анализ устойчивости оптимального решения

Анализ устойчивости оптимального решения проводится по Отчету по устойчивости, который формируется автоматически при получении оптимального решения и выборе типа отчета Устойчивость (Рис.11).

*Таблица «Изменяемые ячейки»*

- В столбце Ячейки приводятся адреса ячеек строки модели Значения;
- В столбце Имена – имена переменных из строки модели Имя;
- В столбце Результатные значения – результат оптимального решения из строки Значение;

- **Нормированная стоимость** – это дополнительная двойственная оценка, которая показывает, как ухудшится значение целевой функции при вводе в оптимальный план единицы параметра, не вошедшего в оптимальное решение;
- Целевой Коэффициент – коэффициенты целевой функции из строки модели Коэффициенты целевой функции;
- **Допустимое увеличение и уменьшение коэффициента целевой функции** позволяет определить интервал изменения коэффициента целевой функции, при котором решение останется оптимальным.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Microsoft Excel 9.0 Отчет по устойчивости</b>							
2	<b>Рабочий лист: [симп_мет.xls]спп</b>							
3	<b>Отчет создан: 27.02.2002 0:22:18</b>							
4								
5								
6	Изменяемые ячейки							
7				Результ.	Нормир.	Целевой	Допустимое	
8	<b>Ячейка</b>	<b>Имя</b>		<b>значение</b>	<b>стоимость</b>	<b>Коэффициент</b>	<b>Увел-ие</b>	<b>Умень-ие</b>
9	\$B\$3	Значения x1		185	0	600	66,67	200
10	\$C\$3	Значения x2		0	-352,27	100	352,27	1E+30
11	\$D\$3	Значения x3		0	-100	200	100	1E+30
12	\$E\$3	Значения x4		25	0	400	2600	40
13								
14	Ограничения							
15				Результ.	Теневая	Ограничение	Допустимое	
16	<b>Ячейка</b>	<b>Имя</b>		<b>значение</b>	<b>Цена</b>	<b>Правая часть</b>	<b>Увел-ие</b>	<b>Умень-ие</b>
17	\$F\$9	1.Пашня, га лев.ч		210	0	250	1E+30	40
18	\$F\$10	2.Труд.ресурсы, чел.		3100	0,91	3100	4400	1100
19	\$F\$11	3.Удобрения, ден.ед.		40000	2,95	40000	8800	32560

Рис.11.

Вывод по таблице *Изменяемые ячейки*:

**Нормированная стоимость** показывает, что возделывание на 1 га пашни ячменя приведет к снижению прибыли на 352 ден.ед., а однолетних трав – на 100 ден.ед.

**Допустимое увеличение и уменьшение коэффициента целевой функции** показывает, что решение останется оптимальным, если прибыль:

- от возделывания 1 га пшеницы будет находиться в пределах от  $(600 - 200 = 400)$  400 до 667  $(600 + 67 = 667)$  ден.ед.;
- от возделывания 1 га ячменя – от  $(100 - \infty = 0)$  0 до 452  $(100 + 352 = 452)$  ден.ед.;
- от возделывания 1 га од.трав от 0 до 300 ден.ед.;
- от возделывания 1 га корнеплодов – от 360 до 3000 ден.ед.

Таблица «Ограничения»:

- В столбце ячейка – адреса ячеек левой части ограничений;
- В столбце Имя – имена ограничений;
- В столбце Результатные значения – значения левой части ограничений;

- Теневая цена – двойственная оценка, которая показывает, как изменится значение целевой функции при изменении объема ограничения на единицу, если теневая цена имеет знак «+», то зависимость прямая, если – знак «-», зависимость обратная;
- Правая часть ограничения – объемы ограничений из модели;
- Допустимое увеличение и уменьшение объемов ограничений позволяет определить интервалы, в которых могут изменяться объемы ограничений при сохранении оптимального решения.

*Вывод по таблице «Ограничения»:*

**Теневая цена** показывает, что при увеличении количества трудовых ресурсов на 1 чел.час прибыль увеличится на 0,91 ден.ед.; при увеличении удобрений на 1 руб. прибыль увеличится на 2,95 ден.ед.

**Допустимое увеличение и уменьшение объемов ограничений** показывает, что план останется оптимальным:

если количество пашни будет находиться в пределах от 210 и более гектаров;  
 если количество трудовых ресурсов – от 2000 до 7500 чел.час;  
 если количество удобрений – от 7440 до 48800 ден.ед.

## II. Экономико-математические модели в животноводстве

### *Лабораторная работа № 5.*

#### **Оптимизация рациона кормления коров**

1. В тетрадях записать тему.
2. По исходной информации (табл.7,8) в лекционных тетрадях дописать развернутую экономико-математическую модель.
3. Решить задачу с помощью сервисной функции «Поиск решения».
4. Скопировать модель и решить с другими исходными данными (один из вариантов, табл.9).
5. Записать в тетрадях анализ оптимального решения по одному из вариантов.
6. Записать в тетрадях анализ устойчивости оптимального решения по одному из вариантов.
7. Показать преподавателю.

#### *7. Исходная информация*

Определить оптимальный суточный кормовой рацион на стойловый период для дойных коров живой массой 400-420 кг с суточным удоем 11 кг молока и жирностью 3,8%.

Для обеспечения такой продуктивности коров необходимо, чтобы в рационе содержалось питательных веществ не менее:

- кормовых единиц – 9,5 кг,

<ul style="list-style-type: none"> <li>• переваримого протеина – 1005 г,</li> <li>• каротина – 400 мг.</li> </ul> <p>Сушого вещества должно быть 12-18 кг.          Масса отдельных групп кормов может находиться в пределах:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• концентраты – от 2 до 3 кг,</li> <li>• грубые корма – от 10 до 15,</li> <li>• силос – от 12 до 20 кг,</li> <li>• корнеклубнеплоды – от 5 до 8 кг.</li> </ul> <p>Удельный вес отдельных видов кормов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• отрубей в группе концентрированных кормов должен быть не более 25%;</li> <li>• сена – в грубых кормах – не менее 30%, соломы – не более 20%;</li> <li>• картофеля – в группе корнеклубнеплодов – не более 10%.</li> </ul> <p><i>Критерий оптимальности:</i> Минимум стоимости рациона.</p>
---

*8. Питательность и стоимость единицы корма*

Корма	Питательные вещества в кг			Сухое вещество, кг	Стоимость, руб/кг
	Корм.ед.,ц	Перев.пр.,г	Каротин,мг		
Комбикорм	0,9	112	-	0,87	10
Отруби	0,7	109	1	0,87	8,8
Сено клевер.	0,5	52	30	0,83	2,8
Сено луговое	0,42	48	15	0,85	3
Сенаж	0,32	38	40	0,45	1,5
Солома	0,36	12	4	0,85	1,4
Силос кукур.	0,18	13	15	0,26	2,2
Силос подс.	0,16	15	15	0,24	1,7
Свекла	0,12	9	-	0,13	3,4
Картофель	0,3	16	-	0,23	10

*9. Потребность в питательных веществах*

	Вар.1	Вар.2	Вар.3
Корм.единиц, кг	10	5	13
Переваримого протеина, г	1200	800	1300
Каротина, мг	650	450	800

*Лабораторная работа № 6.*

**Оптимизация годового оборота и структуры стада КРС**

1. В тетрадях записать тему.
2. Открыть файл М4-жив.
3. Перейти на лист Стадо1 – найти оптимальное решение и сформировать отчет по устойчивости.
4. Скопировать модель (Стадо2, Стадо3 или Стадо4)

5. В тетрадах произвести необходимые расчеты и оформить таблицу «Объемы ограничений» для одного варианта по исходным данным (табл.10, 11, 12, 13).
6. Решить задачу со своим вариантом данных.
7. Записать в тетрадах по одному из вариантов:
  - анализ оптимального решения
  - анализ устойчивости оптимального решения.
8. Показать преподавателю.

*10. Поголовье на начало года и масса реализации (вар.1)*

Половозрастные группы	Поголовье на начало года, гол	Масса реализации 1 головы, кг
Коровы	1600	498
Нетели	375	434
Телки старше года	784	302
Быки старше года	23	348
Телочки до года	509	133
Бычки до года	916	231
Телочки-приплод	-	50
Бычки-приплод	-	50

*11. Исходные данные(вар.1)*

Общее поголовье на конец года должно составлять 4100 голов, при этом поголовье коров должно увеличиться не менее чем на 15%. Среднегодовой удой коровы – 4022 кг молока. Планируется производство молока за год – 70 тыс.ц, мяса (в живой массе) – 4 тыс.ц,; приплод бычков и телочек по 775 голов.
Предполагаемый падеж: в группе молодняка до года – 1,8%, приплода – 1,6%. Норма выбраковки коров – 5,9 – 7,8%, телочек и бычков до года – не менее 15%, приплода – от 5 до 40%.
На конец года требуется иметь следующее соотношение между половозрастными группами в стаде: <ul style="list-style-type: none"> <li>- на 1 телку старше года – не менее 1,1 телки до года.</li> <li>- поголовье нетелей по отношению к коровам – 39-41%;</li> <li>- на 1 нетель должно быть не менее 0,5 телок старше года.</li> </ul>
Критерий оптимальности – максимум производства молока.

*12. Варианты поголовья стада крупного рогатого скота*

Поголовье	Вар.2	Вар.3	Вар.4
Коровы	800	400	1300
Нетели	200	100	335
Телки старше года	400	200	600
Быки старше года	10	5	17
Телочки до года	305	153	407
Бычки до года	407	204	509

### 13. Варианты планов

Планы	Вар.2	Вар.3	Вар.4
Телочки-приплод	356	183	610
Бычки-приплод	356	183	610
Общее поголовье	2000	1000	3800
Производство молока,ц	33088	16044	55143
Производство мяса,ц	2000	1000	1200

### Лабораторная работа № 7.

#### Оптимизация использования кормов

1. В тетрадях записать тему.
2. Открыть файл М4-жив.
3. Перейти на лист ИК1 – найти оптимальное решение и сформировать отчет по устойчивости.
4. Скопировать модель (ИК2, ИК3 или ИК4) и решить с другими исходными данными (2,3 или 4 вариант, табл.14).
5. Записать в тетрадях по одному из вариантов:
  - анализ оптимального решения
  - анализ устойчивости оптимального решения
6. Показать преподавателю.

### 14. Наличие кормов

	Вар.2	Вар.3	Вар.4
Комбикорм	7000	10000	5000
Сено	8000	12000	8000
Сенаж	4000	5000	2000
Солома	5000	5000	3000
Силос	50000	80000	50000
Свекла	17600	20000	20000
Кормодни: для коров для молодняка	Без изменения	Без изменения	100000 30000-50000

## III. Экономико-математические модели в растениеводстве

### Лабораторная работа № 8.

#### Оптимизация использования машинно-тракторного парка

1. В тетрадях записать тему.
2. По исходной информации (табл.15,16) в лекционных тетрадях дописать развернутую экономико-математическую модель.
3. Решить задачу с помощью сервисной функции «Поиск решения».
4. Скопировать модель и решить с другими исходными данными (2,3 или 4 вариант, табл.17).



5. Записать в тетрадях анализ оптимального решения по одному из вариантов.
6. Записать в тетрадях анализ устойчивости оптимального решения по одному из вариантов.
7. Показать преподавателю.

*Табл.15. Исходная информация*

Рассчитать оптимальный состав машинно-тракторного парка для выполнения трех видов сельскохозяйственных работ в весенний период. Выполнение каждого вида работ возможно с помощью двух видов агрегатов.

Стоимость сельскохозяйственных машин и тракторов: ДТ-75М – 3230 руб, МТЗ-80 – 3900 руб., БЗСС-1 – 7,5 руб., КПС-4 – 310 руб.

Коэффициент эффективности капиталовложений составляет 0,2.

Критерий оптимальности - минимум приведенных затрат.

*Табл.16. Фрагмент технологической карты*

Виды работ	Объем работ, га	Агрегат		Производительность, га	Прямые затраты, руб.
		Трактор	СХМ		
Первая пятидневка					
Боронование в 2 следа	1380	ДТ-75М	21 БЗСС-1	230	132
		МТЗ-80	18 БЗСС-1	187	141
Вторая пятидневка					
Культивация с боронованием	250	ДТ-75М	2 КПС-4 и 8 БЗСС-1	130	155
		МТЗ-80	КПС-4 и 4 БЗСС-1	57	133
Боронование в 1 след	690	ДТ-75М	21 БЗСС-1	230	132
		МТЗ-80	18 БЗСС-1	187	141

*Табл.17. Варианты исходной информации*

	Вар.2	Вар.3	Вар.4
Боронование 2с, га	1000	1000	1000
Культивация, га	700	700	700
Боронование 1с,га	500	500	500
Наличие техники:			
ДТ – в 1 пятидневке	Не указано	3	1
ДТ – во 2 пятидневке		5	1
МТЗ – в 1 пятидневке		4	6
МТЗ – во 2 пятидневке		6	15
БЗСС – в 1 пятидневке		100	100
БЗСС – во 2 пятидневке		100	100
КПС – во 2 пятидневке		12	14

**Лабораторная работа № 9.**  
**Оптимизация производства кормов**

1. В тетрадях записать тему.
2. По исходной информации (табл.18,19, 20, 21) в лекционных тетрадях дописать развернутую экономико-математическую модель.
3. Решить задачу с помощью сервисной функции «Поиск решения».
4. Скопировать модель.
5. Рассчитать потребность поголовья в кормовых единицах и переваримом протеине по одному варианту (табл. 22, 23).
6. Решить с другими исходными данными (2,3 или 4 вариант).
7. Записать в тетрадях анализ оптимального решения.
8. Записать в тетрадях анализ устойчивости оптимального решения.
9. Показать преподавателю.

*18. Исходная информация*

Составить оптимальный план производства кормов для заданного поголовья животных.

Площадь пашни может составлять не более 900 га, в том числе пшеница - 40% от пашни. Естественные сенокосы - до 500 га, пастбища - до 500 га. Трудовые ресурсы - не более 30000 чел.-час.

Сено в грубых кормах - не менее 50%, солома – не более 20%. Соотношение зерна и соломы 1 : 0,8.

Данные о сельскохозяйственных культурах и покупных кормах приведены в таблице 19, о поголовье животных и их потребности в кормах в таблице 20.

В таблице 21 приведена структура годового рациона по всем группам животных.

Критерий оптимальности – минимум материально-денежных затрат на производство и покупку кормов.

*19. Сельскохозяйственные угодья и покупные корма*

Культуры и корма	Выход с 1 га		Затраты на 1 га	
	Ц корм.ед.	Ц пер.пр.	Чел.-час	Руб.
Пшеница	9,6	3,0	15	4200
Кукуруза на силос	13,2	1,3	55	3500
Од.травы на зеленый корм	17,8	0,5	5	760
Од.травы на сенаж	8,0	1,7	2	900
Мн.травы на сено	14,5	2,1	10	950
Солома	1,4	0,2	-	7
Комбикорм 1 ц	0,85	0,08	-	300
Сенокосы, сено	6	1,1	10	600
Пастбища, зеленый корм	4	0,6	1	25

20. поголовье и потребность в питательных веществах

Животные	Поголовье, гол.	К.ед/гол	ПП/гол	Всего, ц к.е.	Всего, кг п.пр.
Коровы	200	40	5	8000	1000
Быки	2	35	4	70	8
Нетели	80	35	4	2800	320
Молодняк КРС	150	20	2	3000	300
Лошади	10	40	5	400	50
Молодняк лошадей	4	30	2,5	120	10
Всего				14390	1688

Табл.21. Структура годового рациона

Животные	Пределы	Концентр.	Сочные	Грубые	Зеленые
Коровы		28	30	16	26
Быки	<i>Min</i>	30	15	15	20
	<i>Max</i>	40	25	25	30
Нетели	<i>Min</i>	10	20	20	30
	<i>Max</i>	15	25	30	40
Молодняк КРС	<i>Min</i>	10	20	20	30
	<i>Max</i>	15	25	30	40
Лошади	<i>Min</i>	20	-	40	20
	<i>Max</i>	30	-	50	30

22. Ресурсы хозяйства

Показатели	Вар.2.	Вар.3.	Вар.4.
Пашня	1000	1200	600
Пастбища	600	800	300
Сенокосы	600	800	300
Трудовые ресурсы	40000	50000	20000

23. поголовье животных в хозяйстве

Животные	Вар.2.	Вар.3.	Вар.4.
Коровы	250	300	150
Быки	3	3	2
Нетели	100	150	70
Молодняк КРС	200	250	100
Лошади	12	15	8
Молодняк лошадей	6	8	4

**Лабораторная работа № 10.**  
**Оптимизация организации зеленого конвейера**

1. В тетрадях записать тему.
2. По исходной информации (табл.24-28) в лекционных тетрадях дописать развернутую экономико-математическую модель.
3. Решить задачу с помощью сервисной функции «Поиск решения».
4. Скопировать модель.
5. Рассчитать количество корма с пастбища всего. Рассчитать потребность в зеленом корме всего, ежемесячно, с пастбища и с пашни (использовать таблицы 29 и 30).
6. Решить с другими исходными данными (2,3 или 4 вариант).
7. Записать в тетрадях анализ оптимального решения.
8. Записать в тетрадях анализ устойчивости оптимального решения.
9. Показать преподавателю.

*24. Исходные данные*

Необходимо составить оптимальный зеленый конвейер, обеспечивающий соответствующими кормами ферму крупного рогатого скота с минимальными затратами.

Известны площади кормовых культур и угодий (табл.25).

В каждый период предусматривается давать животным два-три вида зеленого корма. Период использования зеленого конвейера 180 дней – с 1 мая по 1 ноября. Перечень культур, их урожайность, агротехнические сроки выращивания и использования приведены в таблице 26.

Допустимые пределы скармливания зеленой массы в месяц не должны превышать общей месячной потребности: по многолетним травам – 50% трав 1-го укоса и 25% трав 2-го укоса; по кукурузе 2-го срока посева – 60%.

Расчеты необходимого количества кормов и выход их с пашни приведены в таблицах 27,28. Урожайность естественных пастбищ принята равной 40 ц/га.

*25. Допустимые площади сельскохозяйственных культур и угодий*

№	Культуры и угодья	Площадь, га
1	Озимая рожь	60
2	Однолетние травы	20
3	Вико-гороховая смесь	25
4	Многолетние травы	135
5	Кукуруза	55
6	Пожнивные культуры	50
7	Кормовая бахча	40
8	Естественные пастбища	224

*26. Сроки использования, урожайность и себестоимость культур  
зеленого конвейера*

№	культуры	Срок использо- вания	Урожайность, ц с 1 га	Себе- стоимость, руб. за 1 ц
1	Озимая рожь	1.V-31.V	150	0,32
2	Многол.травы 1 укоса	1.V-31.V	180	0,19
3	Озимая рожь	1.VI-30.VI	150	0,32
4	Многол.травы 1 укоса	1.VI-30.VI	180	0,19
5	Вико-гороховая смесь	10.VI-30.VI	200	0,34
6	Однолетние травы	1.VII-30.VII	160	0,18
7	Многол.травы 1 укоса	1.VII-31.VII	180	0,19
8	Вико-гороховая смесь	1.VII-31.VII	200	0,34
9	Многол.травы 2 укоса	1.VIII-30.VIII	135	0,17
10	Кукуруза 1 срока посева	1.VIII-20.VIII	240	0,60
11	Кукуруза 2 срока посева	20.VIII-21.VIII	250	0,54
12	Многол.травы 2 укоса	1.IX-10.IX	135	0,17
13	Кукуруза 2 срока посева	1.IX-10.IX	250	0,54
14	Кукуруза 3 срока посева	1.IX-20.IX	230	0,52
15	Пожнивные культуры	11.IX-30.IX	100	0,26
16	Кормовая бахча	20.IX-30.IX	100	0,49
17	Пожнивные культуры	1.X-30.X	100	0,26
18	Кормовая бахча	1.X-30.X	100	0,49
19	Ботва сахарной свеклы	1.X-30.X	70	0,10

*27. Расчет потребности в зеленом корме*

Группы с/х животных	Голов в группе	Суточная норма потребления зеленого корма, кг	Потребность в зеленом корме, ц
Коровы	380	33	22572
Быки-производители	5	46	418
Нетели	70	30	3780
Молодняк:			
старше одного года	97	22	3840
до года	140	15	3780
Всего	692	-	34390

*28. Расчет потребности в кормах с пашни*

Пастбищный период	Потребность в зеленом корме, ц	Выход зеленого корма с пастбищ		Потребность в зеленом корме с пашни, ц
		%	ц	
Май	5732	30	2688	3044
Июнь	5732	35	3136	2596

Июль	5732	20	1792	3940
Август	5732	-	-	5732
Сентябрь	5732	10	896	4834
Октябрь	5732	5	448	5284
Всего	34390	100	8960	25430

*29. Площадь культур и угодий, га*

№	Культуры и угодья	Вар.2	Вар.3	Вар.4
1	Озимая рожь	100	50	40
2	Однолетние травы	10	30	40
3	Вико-гороховая смесь	15	20	30
4	Многолетние травы	100	120	150
5	Кукуруза	60	50	65
6	Пожнивные культуры	40	40	40
7	Кормовая бахча	30	30	30
8	Естественные пастбища	300	250	280

*30. поголовье животных в хозяйстве*

Группы с/х животных	Вар.2.	Вар.3.	Вар.4.
Коровы	300	200	450
Быки-производители	3	2	5
Нетели	100	80	200
Молодняк:   старше одного года до года	80	50	100
	150	100	200
Всего	633	432	955

**Лабораторная работа № 11.**

**Оптимизация структуры посевных площадей  
без учета севооборотов**

1. В тетрадях записать тему.
2. По исходной информации (табл.31-39) в лекционных тетрадях дописать развернутую экономико-математическую модель.
3. Решить задачу с помощью сервисной функции «Поиск решения».
4. Скопировать модель.
5. Удалить лишние переменные и ограничения, внести изменения объемов ограничений (использовать табл.40).
6. Решить с другими исходными данными (2,3 или 4 вариант).
7. Записать в тетрадях анализ оптимального решения по одному из вариантов.
8. Записать в тетрадях анализ устойчивости оптимального решения по одному из вариантов.
9. Показать преподавателю.

### 31. Исходные данные

Сельскохозяйственное предприятие, имеет 8563 га пашни, 4625 га пастбищ, из которых 816 га улучшенных; 1248 га сенокосов.

В хозяйстве возделывается большой ассортимент сельскохозяйственных культур, используемых на различные цели (товарные нужды, корма, семена), всего более 30 культур, информация о которых приведена в таблицах 32-39.

Площадь люпина не должна превышать 180 га, зернобобовых – 265 га и озимого ячменя – 1396 га.

### 32. Товарные зерновые и зернобобовые культуры (начало)

Показатели	Оз.пшеница	Оз.ячмень	Овес	Вика
Гумус, т/га	0,07	0,06	0,06	0,06
Производств. затраты,руб/га	1428	1020	660	660
Удобрения, кг д.в.: азотные	60	60	60	60
фосфорные	43	43	50	50
калийные	42	45	60	60
Кормов, ц к.е.	4,86	4,86	6,24	6,24
Переваримый протеин, ц	0,43	0,43	0,37	0,37
Солома кормовая, ц			31,2	31,2
Зерно, ц	34	34	20	20
Трудозатраты, чел.-час : ср. за год	15	16,7	12,5	10,5
в напряженный период	8,1	9	11,3	9,8
механизированный труд	5,6	8,9	7,9	5,9
Чистый доход, руб.	2856	2040	1320	1320

### 33. Товарные зерновые и зернобобовые культуры (окончание)

Показатели	Кукуруза	Горох	Люпин	Рапс
Гумус, т/га	1,57	0,06	0,06	0,07
Производственные затраты,руб/га	1740	413	3750	1200
Удобрения, кг д.в.: азотные	120	60	60	34
фосфорные	86	50	50	50
калийные	20	60	60	50
Кормов, ц к.е.	10,6	4,8	4,4	4,4
Переваримый протеин, ц	0,64	0,29	0,26	0,26
Солома кормовая, ц	53	24		53
Солома подстилочная, ц				
Зерно, ц		15	15	
Зерно кукурузы, ц	29			
Зерно рапса, ц				15
Трудозатраты, чел.-час : ср. за год	27	10,5	10,5	5,4
в напряженный период	26	9,8	9,8	5,2
механизированный труд	9,3	5,9	5,9	3
Чистый доход, руб.	3480	825	7500	2400

### 34. Концентрированные корма

<i>Показатели</i>	Оз.пшеница	Оз.ячмень	Кукуруза	Горох
Гумус, т/га	0,07	0,06	1,57	0,06
Производственные затраты,руб/га	1428	1292	1102	570
Удобрения, кг д.в.:				
азотные	60	60	120	80
фосфорные	43	43	86	50
калийные	42	45	20	60
Кормов, ц к.е.	45,66	45,66	49,46	22,35
Переваримый протеин, ц	4,11	4,57	2,96	4,64
Концентратов, ц	34	34	29	15
Солома кормовая, ц				53
Солома подстилочная, ц		54	54	
Трудозатраты, чел.-час :				
в ср за год	15	16,7	27	10,5
в напряженный период	8,1	9	11,3	9,8
механизированный труд	5,6	8,9	9,3	5,9

### 35. Товарные технические культуры

<i>Показатели</i>	Сах.свекла	Подсолнечник	Картофель	Овощи
Гумус, т/га	1,57	1,57	1,57	1,57
Производственные затраты,руб/га	9500	2275	8125	7000
Удобрения, кг д.в.:				
азотные	20	56	104	80
фосфорные	68	53	172	90
калийные	50	40	160	30
Кормов, ц к.е.			36,4	12
Переваримый протеин, ц			2,1	1,1
Солома кормовая, ц	24			
Производство подсолнечника, ц		13		
картофеля, ц			130	
овощей, ц				100
Трудозатраты, чел.-час:				
в среднем за год	113	8,3	226	1800
в напряженный период	28	7,9	218	1350
механизированный труд	24,5	6,9	29	180
Чистый доход, руб	19000	4550	16250	14000



*36. Кормовые культуры (начало)*

<i>Показатели</i>	Корне- плоды	Кукуруза на силос	Од.травы на сено	Мн.травы на сено	Озимые на зел. корм
Гумус, т/га	1,57	1,57	0,06	-0,8	0,07
Производственные затраты, руб./га	2700	785	647	353	647
Удобрения, кг д.в.: азотные	52	26	17	23	37
фосфорные	86	43	28	19	63
калийные	40	40	27	25	60
Кормов, ц к.е.	53,8	46,2	8	9,6	30
Переваримый протеин, ц	1,6	4,62	0,7	1,08	3,9
Сено, ц			20	20	
Силос, ц		220			
Корнеплоды, ц	110				
Потребность в зел. корме, ц: апрель					45
май					105
Семена мн.трав, ц				0,2	
Трудозатраты в среднем за год, чел.-ч	169	32,3	12	12	6,5
в напряженный период, чел.-ч	23	30	11,9	11,9	6,5
механизирован- ный труд, чел.-ч	11,1	32,1	5,7	5,8	5,7

*36. Кормовые культуры (продолжение)*

<i>Показатели</i>	Мн.тр. на зел.к.	Од.тр. на зел.корм	Рапс на зел.корм	Кукуруза на зел.к.	Кук.пожн. на зел.корм
1	2	3	4	5	6
Гумус, т/га	-0,8	0,06	0,06	1,57	1,57
Производственные затраты,руб/га	618	647	692	635	635
Удобрения, кг д.в.: азотные	17	15	50	60	
фосфорные	15	15	50	30	
калийные	25	18	60	61	
Кормов, ц к.е.	45	35,7	31,5	44	20
Переваримый протеин, ц	6,5	4,93	4,35	35	15
Потребность в зел. корме, ц: май	15				

1	2	3	4	5	6
- « - июнь	135				
- « - июль		170			
- « - август			75	143	
- « - сентябрь	25			77	100
- « - октябрь	75		75		
Семена мн.трав, ц	0,2				
Трудозатраты в среднем за год, чел.-ч	3,3	6,5	5,4	32,3	32,3
в напряженный период, чел.-ч	3,1	6,5	5,2	30	30
механизированный труд, чел.-ч	2,9	5,7	3	32,1	32,1

36. Кормовые культуры (окончание)

<i>Показатели</i>	Мн.тр. на сенаж	Кормовая бахча	Мн.травы на семена	Гречиха
Гумус, т/га	-0,8	1,57	-0,8	0,06
Производственные затраты,руб/га	353	641	941	1176
Удобрения, кг д.в.: азотные	60		15	
фосфорные	19		19	45
калийные	25		25	45
Кормов, ц к.е.	28	7,8		3
Переваримый протеин, ц	2,72	0,27		0,18
Корнеплоды, ц		30		
Сенаж,ц	80			
Солома кормовая, ц				15
Семена мн.трав, ц	0,2			
Трудозатраты в среднем за год, чел.-ч	5	88	12	19
в напряженный период, чел.-ч	3,9	85	12	8,5
механизированный труд, чел.-ч	3,2	13,6	4,5	5,3
Чистый доход, руб.				

*37. Кормовые угодья*

<i>Показатели</i>	<i>Пастб.естест.</i>	<i>Пастб.улучш.</i>	<i>Сенок. улучш.</i>
Гумус, т/га	-0,8	-0,8	-0,8
Производственные затраты,руб/га	340	360	360
Удобрения, кг д.в.:			
азотные	60	45	18
фосфорные	60	50	8
калийные	70	70	12
Кормов, ц к.е.	9	10,2	4,5
Переваримый протеин, ц	1,15	1,89	0,4
Сено, ц			10
Потребность в зел.корме, в			
апреле, ц	6,5	11,7	
мае, ц	1	6,3	
июне, ц	13	23,4	
июле, ц	9,5	17,1	
августе, ц	6,5	11,7	
сентябре, ц	5	9	
октябре, ц	8,5	10,8	
Трудозатраты, чел.-час :			
в среднем за год	10	13,3	13,3
в напряженный период	1,7	2,2	8,4
механизированный труд	1	1,5	1,5

*38. Наличие ресурсов и планы*

<i>Показатели</i>	<i>Количество</i>
1	2
Баланс гумуса, т	6326,75
Производств. затраты, руб	286160
Корма, ц корм.ед.	229320
Перевар.протеин, ц	22960,45
Концентраты, ц	63145,5
Сено,ц	25000
Силос, ц	143400
Корнеплоды, ц	13300
Сенаж, ц	78500
Солома кормовая, ц	53557
Солома подстилочная, ц	61492
Зел. кормов, ц - в апреле	47799
- в мае	95598
- июне	95598
- июле	95598
- августе	95598

1	2
- сентябре	95598
- октябре	47799
Агротехнические требования :зерновые, га	3500
озимая пшеница, га	2500
семенники сах.свеклы, га	150
масличные культуры, га	260
многолетние травы, га	1500
Производство, ц : зерновые	41000
озимая пшеница	31000
кукуруза на зерно	10000
подсолнечник	1500
рапс	2200
картофель	10000
овощи	30000

*39. Производственные затраты, руб./га*

Привлекаемая рабочая сила	3
Привлекаемый механизированный труд	6
Приобретаемые органические удобрения	70
Приобретаемые удобрения: азотные	0,5
фосфорные	0,3
калийные	0,4

*40. Трудозатраты, чел.-часов*

Трудозатраты, чел.-ч : в среднем за год	1295560
в напряженный период	206360
механизированный труд	258720

*41. Варианты исходной информации*

<b>Составить задачу, в которой не возделываются:</b>		
<b>2 вариант</b>	<b>3 вариант</b>	<b>4 вариант</b>
1	2	3
<i>Зерновые и зернобобовые товарные</i>		
кукуруза; горох; люпин на зерно; рапс на зерно.	овес; вика; кукуруза; горох; люпин на зерно; рапс на зерно.	овес; вика; кукуруза; горох; люпин на зерно; рапс на зерно.
<i>Зерновые и зернобобовые, используемые на концентрированные корма:</i>		
	озимая пшеница; озимый ячмень	озимая пшеница; озимый ячмень

1	2	3
<i>Кормовые культуры:</i>		
мн. травы на зел. корм; од. травы на зел. корм; яр. рапс на зел. корм; кукуруза на зел. корм; кукуруза пожн. на з. к;	мн. травы на зел. корм; од. травы на зел. корм; яр. рапс на зел. корм; кукуруза на зел. корм; кукуруза пожн. на з. к.;	корнеплоды; кукуруза на силос; од. травы на сено; мн. травы на сено; озимые на зеленый корм; мн. травы на зел. корм; од. травы на зел. корм; яр. рапс на зел. корм; кукуруза на зел. корм; кукуруза пожн. на з. к.; мн. травы на сенаж; кормовая бахча;
	Озимых зерновых произвести не менее 1000 ц	Озимых зерновых произвести не менее 1000 ц
		Сено не менее 12000 ц
	Зеленых кормов не менее: в апреле и октябре – 15000 ц; в мае – сентябре – по 30000 ц	Зеленых кормов не менее: в апреле и октябре – 15000 ц; в мае - 9000 ц; виюне - сентябре – по 30000 ц

#### IV. Транспортная задача

##### *Лабораторная работа №12.* Транспортная задача

**Цель:** изучить особенности транспортной задачи, ее формулировки, построения опорного плана; получить и закрепить навыки решения и анализа оптимального решения и его устойчивости.

1. В тетрадях записать тему.
2. Изучить построение опорного плана.
3. Записать развернутую экономико-математическую модель.
4. Решить эту задачу с помощью Поиска решения.
5. Записать анализ оптимального решения и его устойчивости.

## 1. Постановка задачи

Составить оптимальный план перевозок минеральных удобрений со складов на поля севооборота, чтобы транспортные затраты были минимальными.

Имеется три склада с удобрениями, где хранится 600 т минеральных удобрений: 1 склад – 200 т; 2 склад – 150 т; 3 склад – 250 т.

Потребность четырех полей севооборота в минеральных удобрениях 475 т: 1 поле – 100 т; 2 поле – 150 т; 3 поле – 150 т; 4 поле – 75 т.

### 42. Транспортные издержки, ден.ед. за тонну

Склады удобрений	Поля севооборота			
	Первое	Второе	Третье	Четвертое
№ 1	4	2	3	1
№ 2	3	6	2	5
№ 3	6	3	4	2

## 2. Матрица модели

### 43. Опорный план

Склады удобрений	Поля севооборота				Запасы удобрений, т
	Первое	Второе	Третье	Четвертое	
№ 1	4	2	3	1	200
№ 2	3	6	2	5	150
№ 3	6	3	4	2	250
Потребность в удобрениях, т	100	150	150	75	600 475

Запасы удобрений больше, чем потребность в них на 125 т. Модель открытая.

## 3. Ввод модели в таблицы Excel

### 1. Заполнение таблицы исходных данных в Excel

1) Заполняется первая часть таблицы, в которой все показатели будут вычисляться в процессе решения задачи (Рис.12):

- поля севооборотов являются потребителями;
- склады – поставщики удобрений;
- в ячейках C5:F7 будут высвечиваться результаты перевозок – это изменяемые ячейки;
- в ячейки B5:B7 вводится формула – сумма значений ячеек всей строки:
- в B5 =СУММ(C5:F5); в B6 =СУММ(C6:F6); в B7 =СУММ(C7:F7);
- в ячейки C8:F8 вводится формула: сумма значений ячеек всего столбца:

в C8 =СУММ(C5:C7);

в D8 =СУММ(D5:D7);

в E8 =СУММ(E5:E7);

в F8 =СУММ(F5:F7).

2) Заполняется вторая часть таблицы (Рис.12):

- в строке 9 (ячейки С9:F9) вводится потребность в удобрениях каждого поля севооборота;
- в столбце В (ячейки В10:В12) вводится наличие удобрений на каждом складе;
- в ячейки С10:F12 – вводятся технико-экономические коэффициенты – транспортные расходы на перевозку удобрений с соответствующего склада на соответствующее поле севооборота.

	А	В	С	Д	Е	Ф
1	<b>Оптимизация транспортных потоков</b>					
2	<b>Поставщики (склады)</b>		<b>Потребители</b>			
3			<b>(поля севооборотов)</b>			
4			1	2	3	4
5	<b>№ 1</b>	0				
6	<b>№ 2</b>	0				
7	<b>№ 3</b>	0				
8		<b>Факт=&gt;</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
9		<b>Запросы -&gt;</b>	100	150	150	75
10	<b>№ 1</b>	200	4	2	3	1
11	<b>№ 2</b>	150	3	6	2	5
12	<b>№ 3</b>	250	6	3	4	2
13	<b>ВСЕГО</b>	0	0	0	0	0

Рис. 12.

3) Заполняется последняя строка таблицы (Рис.12):

- а. в ячейки С13:F13 – вводится функция – сумма произведения массива значений на массив технико-экономических коэффициентов соответствующего столбца:
- в С13 – =СУММПРОИЗВ(С5:С7;С10:С12);
  - в D13 – =СУММПРОИЗВ(D5:D7;D10:D12);
  - в E13 – =СУММПРОИЗВ(E5:E7;E10:E12);
  - в F13 – =СУММПРОИЗВ(F5:F7;F10:F12);
  - в ячейку В13 вводится Целевая функция =СУММ(С13:F13)

## 2. Заполнение окна «Поиск решения»

1) Курсор устанавливается в Целевую ячейку (В13);

2) В меню выбирается Сервис, Поиск решения...

3) Заполняется окно «Поиск решения» (Рис.13):

- Если в поле «Установить целевую ячейку» высвечивается адрес, который не является адресом целевой ячейки, то необходимо отодвинуть окно и щелкнуть мышью по целевой ячейке – в поле появится адрес Целевой ячейки (В13).
- Установить переключатель в положение Равной • минимальному значению.
- В поле «Изменяя ячейки» мышью ввести интервал ячеек \$C\$5:\$F\$7.
- Заполнить поле «Ограничения» :
- щелкнуть мышью в поле «Ограничения»;

- щелкнуть мышью на кнопке «Добавить»;
- Заполнить окно «Добавление ограничения» :
  - Первым всегда вводится Граничное условие – все переменные должны быть больше или равны нулю (Рис.14):
    - щелкнуть мышью в поле «Ссылка на ячейку»;
    - выделить мышью интервал ячеек \$C\$5:\$F\$7;
    - изменить знак, выбрав из списка >=;
    - щелкнуть мышью в поле «Ограничения»;
    - ввести с клавиатуры ноль;
    - нажать кнопку Добавить.

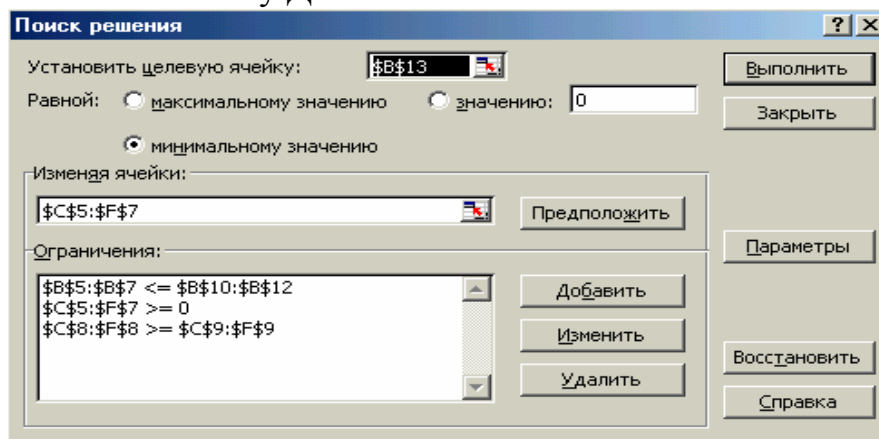


Рис.13.

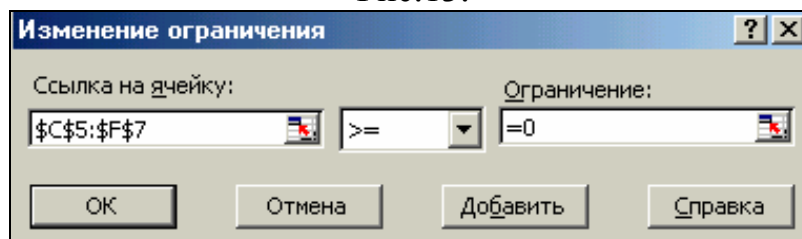


Рис.14.

- В новом окне Добавление ограничения ввести следующее ограничение – вывоз удобрений со складов не должен превышать их наличия на складах (Рис.15).
  - щелкнуть мышью в поле «Ссылка на ячейку»;
  - выделить мышью интервал ячеек \$B\$5:\$B\$7;
  - оставить знак без изменения <=;
  - щелкнуть мышью в поле «Ограничения»;
  - выделить мышью интервал ячеек \$B\$10:\$B\$12;
  - нажать кнопку Добавить.

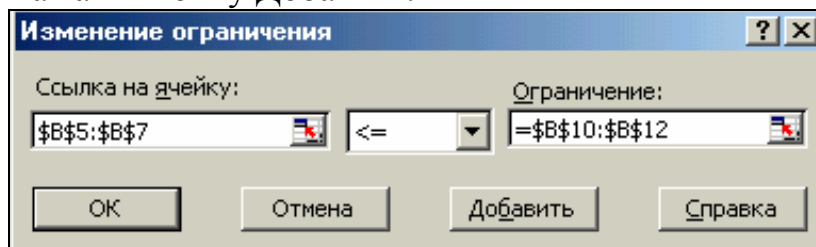


Рис.15.



- В новом окне Добавление ограничения ввести следующее ограничение – потребность полей севооборотов в удобрениях должна быть удовлетворена полностью или с избытком (Рис.16).
  - щелкнуть мышью в поле «Ссылка на ячейку»;
  - выделить мышью интервал ячеек  $\$C\$8:\$F\$8$ ;
  - изменить знак на противоположный  $\geq$ ;
  - щелкнуть мышью в поле «Ограничения»;
  - выделить мышью интервал ячеек  $\$C\$9:\$F\$9$ ;
  - нажать кнопку ОК.

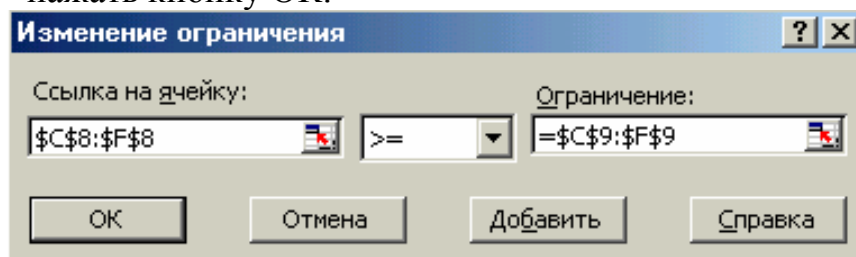


Рис.16.

4) Заполняется окно Параметры

- В окне Поиск решения нажать кнопку Параметры.
- В окне Параметры установить флажки в положения Линейная модель и Показывать результаты итераций.
- Нажать кнопку ОК.

### 3. Получение оптимального решения и Отчета по устойчивости

1) В окне Поиск решения нажать кнопку Выполнить.

2) На экране появится окно «Результаты поиска решения», в котором следует выбрать Тип отчета «Устойчивость» и нажать ОК.

3) На экране останется таблица-модель с оптимальным планом перевозок (Рис.17), а перед листом модели будет создан лист «Отчет по устойчивости» (Рис.18, 19).

4) Для решения задачи потребовалось 11 итераций.

### 4. Анализ оптимального решения

- По оптимальному плану необходимо (Рис.17):
  - С первого склада перевезти 100 т удобрений на 1 поле, 25 т – на 2 поле и 75 т – на 4 поле;
  - Со второго склада – 150 т, т.е. все перевезти на 3 поле;
  - С третьего склада – 125 т, т.е. все перевезти на 2 поле.
- При этом на 3 складе останется 125 т удобрений.
- Потребность всех полей севооборота в удобрениях будет удовлетворена.
- При таком плане перевозок затраты на перевозку удобрений со складов на поля севооборотов будут минимальными и составят 1200 ден.ед.

	A	B	C	D	E	F
1	<b>Оптимизация транспортных потоков</b>					
2	<b>Поставщики (склады)</b>		<b>Потребители</b>			
3			<b>(поля севооборотов)</b>			
4			1	2	3	4
5	<b>№ 1</b>	200	100	25	0	75
6	<b>№ 2</b>	150	0	0	150	0
7	<b>№ 3</b>	125	0	125	0	0
8		<b>Факт=&gt;</b>	100,00	150,00	150,00	75,00
9		<b>Запросы -&gt;</b>	100	150	150	75
10	<b>№ 1</b>	200	4	2	3	1
11	<b>№ 2</b>	150	3	6	2	5
12	<b>№ 3</b>	250	6	3	4	2
13	<b>ВСЕГО</b>	1200	400	425	300	75

Рис.17.

A	B	C	D	E	F	G	H
1	Microsoft Excel 9.0 Отчет по устойчивости						
2	Рабочий лист: [гран_реш.XLS]скл-поля_реш						
3	Отчет создан: 09.03.2002 18:40:02						
4							
5	<b>Изменяемые ячейки</b>						
6	<b>Ячейка</b>	<b>Имя</b>	<b>Результ. значение</b>	<b>Нормир. стоимость</b>	<b>Целевой Коэффициент</b>	<b>Допустимое</b>	
7						<b>Увел-е</b>	<b>Умен-е</b>
8	\$C\$5	№ 1 Поля севооборотов	100	0	4	0	5
9	\$D\$5	№ 1	25	0	2	1	0
10	\$E\$5	№ 1	0	0	3	0	0
11	\$F\$5	№ 1	75	0	1	0	2
12	\$C\$6	№ 2 Поля севооборотов	0	0	3	1E+30	0
13	\$D\$6	№ 2	0	5	6	1E+30	5
14	\$E\$6	№ 2	150	0	2	0	1E+30
15	\$F\$6	№ 2	0	5	5	1E+30	5
16	\$C\$7	№ 3 Поля севооборотов	0	1	6	1E+30	1
17	\$D\$7	№ 3	125	0	3	0	1
18	\$E\$7	№ 3	0	0	4	1E+30	0
19	\$F\$7	№ 3	0	0	2	1E+30	0

Рис.18.

A	B	C	D	E	F	G	H
21	<b>Ограничения</b>						
22	<b>Ячейка</b>	<b>Имя</b>	<b>Результ. значение</b>	<b>Теневая Цена</b>	<b>Ограничение Правая часть</b>	<b>Допустимое</b>	
23						<b>Увел-е</b>	<b>Умен-е</b>
24	\$B\$5	№ 1 Поставщики	200	-1	200	125	25
25	\$B\$6	№ 2	150	-2	150	0	25
26	\$B\$7	№ 3	125	0	250	1E+30	125
27	\$C\$8	Факт=> Поля севооборотов	100	5	100	25	100
28	\$D\$8	Факт=>	150	3	150	125	125
29	\$E\$8	Факт=>	150	4	150	25	0
30	\$F\$8	Факт=>	75	2	75	25	75

Рис.19.

## 5. Анализ устойчивости оптимального решения

По таблице «Изменяемые ячейки» (Рис.18):

- **Нормированная стоимость** показывает, что если:
  - со 2 склада перевезти 1 т удобрений на 2 или 4 поле севооборота, то затраты увеличатся на 5 ден.ед.;
  - с 3 склада перевезти 1 т удобрений на 1 поле севооборота, то затраты увеличатся на 1 ден.ед.
- **Допустимые увеличение и уменьшение коэффициентов целевой функции** показывают, что оптимальный план не изменится, если затраты на перевозку будут находиться в пределах:
  - с 1 склада – на 1 поле – от 0 до 4; на 2 поле – от 2 до 3; на 3 поле – 3; на 4 поле – 1 ден.ед.;
  - со 2 склада - на 1 поле – от 0 и выше; на 2 поле – от 1 и выше; на 3 поле – от 0 до 2; на 4 поле – от 0 и выше ден.ед.;
  - с 3 склада - на 1 поле – от 5 и выше; на 2 поле – от 2 до 3; на 3 поле – от 4 и выше; на 4 поле – от 2 и выше ден.ед.

По таблице «Ограничения» (Рис.19):

- **Теневая цена** показывает, что:
  - Если количество удобрений увеличить на 1 т :
    - на 1 складе, то затраты снизятся на 1 ден.ед.;
    - на 2 складе, то затраты снизятся на 2 ден.ед.;
    - на 3 складе, то затраты не изменятся.
  - Если потребность в удобрениях увеличить на 1 т:
    - на 1 поле, то затраты увеличатся на 5 ден.ед.;
    - на 2 поле, то затраты увеличатся на 3 ден.ед.;
    - на 3 поле, то затраты увеличатся на 4 ден.ед.;
    - на 4 поле, то затраты увеличатся на 2 ден.ед.;
- **Допустимые увеличение и уменьшение объемов ограничений** показывают, что план перевозок останется оптимальным, если:
  - на складах количество удобрений будет находиться в пределах:
    - на 1 складе – от 175 до 325 т;
    - на 2 складе – от 125 до 150 т;
    - на 3 складе – от 125 т и выше.
  - потребность полей севооборота будет в пределах:
    - 1 поля – от 0 до 125 т;
    - 2 поля – от 25 до 275 т;
    - 3 поля – от 150 до 175 т;
    - 4 поля – от 0 до 100 т.