

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОНДОВ  
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**



# Постановка задачи распределения фондов минеральных удобрений сельскохозяйственной организации

## Задано

- сельскохозяйственная организация;
- план размещения культур по полям и участкам севооборотов;
- фонды минеральных удобрений в ассортименте под урожай планового периода;
- плановые условно-переменные затраты да 1ц прибавки урожая;
- гарантированные (минимальные) объемы производства продукции.



# Постановка задачи распределения фондов минеральных удобрений сельскохозяйственного предприятия

## Известно:

- относительно каждой элементарной культуры:
  - сорт;
  - система орошения;
  - предшественник, его удобренность;
  - физико-химические свойства почвы;
  - рекомендуемые годовые нормы удобрения (в единицах действующего вещества);
  - коэффициенты распределения годовой нормы по срокам внесения;
  - закупочные цены на продукцию;
  - коэффициенты степени совместимости с различными формами удобрений.
- относительно каждой формы удобрений:
  - ✓ содержание действующего вещества,
  - ✓ цена, затраты на хранение, транспортировку, приготовление и внесение,
  - ✓ накладные расходы.

# Постановка задачи распределения фондов минеральных удобрений сельскохозяйственного предприятия

Требуется определить:

**какие дозы удобрений**, в какие сроки и в каком ассортименте следует вносить под каждую элементарную культуру, чтобы, обеспечивая задания по гарантированному производству продукции, **максимизировать дополнительный чистый доход**



Порядок подготовки числовой экономико-математической модели на примере варианта 1 табл. 1.

**Таблица 1. Фонды удобрений планового периода и задания по производству продукции**

№ варианта	№№ участков, включенных в вариант	Фонды удобрений в ассортименте поставки, т. физ. массы				Задание по производству продукции, т	
		аммиачная селитра	карбамид	суперфосфат	калийная соль	зерно	картофель
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,2	25,5	0,7	53,1	25,7	174,0	768,0
2	2,3	21,8	0,7	51,9	24,9	133,0	720,0
3	3,4	26,0	1,8	57,8	28,8	339,0	-
4	4,5	33,6	1,5	61,7	32,6	206,0	1024,0
5	5,6	24,7	1,1	51,9	25,0	113,0	960,0
6	6,7	20,2	1,5	48,5	22,6	279,0	-
7	7,8	29,6	1,3	57,4	29,2	166,0	976,0
8	8,9	25,3	0,9	55,0	25,4	128,0	915,0
9	9,10	18,0	1,5	48,4	19,9	353,0	-
10	10,11	23,5	0,8	53,9	23,9	125,0	800,0
11	11,12	24,2	0,9	55,1	25,7	158,0	750,0
12	12,13	26,5	1,8	55,2	27,9	361,0	-
13	13,14	36,9	1,9	65,5	37,4	203,0	1231,0
14	14,15	27,7	1,6	56,6	28,0	103,0	1165,0
15	15,1	20,2	1,5	48,8	21,4	277,0	-

Справочная информации по характеристикам почв, сельскохозяйственным культурам, удобрениям, приведена в табл. 2...6.

**Таблица 2. Агрохимическая характеристика почв и план размещения сельскохозяйственных культур**

№ участка	Площадь, га	Содержание в почве подвижных форм, мг/100 г		Фактические нормы удобрения предшественника, кг д.в/га			Планируемая культура
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	60	8	10	80	60	60	Озимая пшеница
2	48	7	11	80	50	70	Картофель
3	53	4	8	80	60	60	Ячмень
4	71	4	15	60	60	40	Озимая пшеница
5	64	6	14	80	59	40	Картофель
6	45	4	9	80	80	50	Ячмень
7	57	12	6	80	40	80	Озимая пшеница
8	61	18	10	60	40	40	Картофель
9	51	8	5	80	60	80	Ячмень
10	43	4	4	80	80	80	Озимая пшеница
11	50	10	7	60	60	60	Картофель
12	63	11	12	80	40	60	Ячмень
13	70	6	11	60	60	40	Озимая пшеница
14	77	4	7	80	90	90	Картофель
15	41	9	9	80	60	60	Ячмень

**Таблица 3. Стартовые дозы удобрений (по видам) в зависимости от содержания в почве доступных форм  $P_2O_5$  и  $K_2O$**

Культура	Стартовая урожайность, ц/га	Стартовые дозы удобрений, кг д. в/га						
		азотных	фосфорных, при содержании $P_2O_5$ (мг/100 г почвы) в почве			калийных, при содержании $K_2O$ (мг/100 г почвы) в почве		
			до 5	5 ... 10	> 10	до 8	8 ... 12	> 12
Озимая пшеница	22,0	60	70	60	40	70	50	30
Ячмень	18,0	40	60	40	20	40	30	30
Картофель	110,0	60	60	40	20	60	40	30

**Таблица 4. Нормы удельных затрат удобрений в расчете на 1 ц основной (при соответствующем количестве побочной) продукции по интервалам урожайности с.-х. культур в зависимости от содержания в почве подвижного фосфора и обменного калия**

Культура	Номер интервала прибавки урожайности	Значение показателя урожайности на верхней границе интервала, ц/га	Величина интервала, ц	Затраты удобрений в расчете на 1 ц продукции, кг д.в.						
				азотных	фосфорных, при содержании P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (мг/100 г почвы) в почве			калийных, при содержании K <sub>2</sub> O (мг/100 г почвы) в почве		
					до 5	5 ... 10	> 10	до 8	8 ... 12	> 12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Озимая пшеница	1	28	6	3,3	3,6	3,3	2,3	3,8	3,5	2,9
	2	33	5	4,0	4,2	4,0	2,9	4,8	4,5	3,7
Ячмень	1	24	6	3,3	3,7	3,2	2,8	3,6	3,0	2,8
	2	28	4	4,1	4,0	3,8	3,2	4,2	3,7	3,3
Картофель	1	140	30	0,6	0,8	0,7	0,6	0,9	0,7	0,6
	2	200	60	0,7	0,9	0,8	0,7	1,0	0,8	0,8



**Таблица 5. Характеристика удобрений и процессов их использования**

Показатель	Формы удобрений			
	аммиачная селитра	карбамид	суперфосфат	калийная соль
1	2	3	4	5
Содержание действующего вещества, %	34	46	20	40
Коэффициент последействия действующего вещества	0,10	0,10	0,15	0,15
Затраты на применение в расчете на 1 ц франко-почва, руб.:				
- основное	1020	1600	1750	4890
- подкормка	1178,96	1704,97	-	-

**Таблица 6. Закупочные цены и удельные затраты на уборку и доработку 1 ц продукции**

Показатель	Озимая пшеница	Ячмень	Картофель
1	2	3	4
Цена 1 ц продукции, руб.	900,00	750,00	700,00
Затраты на уборку и доработку 1 ц продукции, руб.	41,54	38,14	61,25

# Разработка экономико-математической модели (вариант 1)

## Система переменных экономико-математической модели

### Участок № 1

$x_1, x_2, x_3$  – дозы действующего вещества, соответственно  $N, P_2O_5$  и  $K_2O$ , отнесенные на прирост урожайности озимой пшеницы по первому интервалу прибавки, кг д. в/га;

$x_4$  – прирост урожайности озимой пшеницы по первому интервалу прибавки, ц;

$x_5, x_6, x_7$  – дозы действующего вещества, соответственно  $N, P_2O_5$  и  $K_2O$ , отнесенные на прирост урожайности озимой пшеницы по второму интервалу прибавки, кг д. в/га;

$x_8$  – прирост урожайности озимой пшеницы по второму интервалу прибавки, ц;

$x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}$  – дозы в физической массе, соответственно, аммиачной селитры, карбамида, суперфосфата и калийной соли для основного внесения под озимую пшеницу, ц/га;

$x_{13}, x_{14}$  – дозы в физической массе, соответственно, аммиачной селитры и карбамида для внесения в подкормку под озимую пшеницу, ц/га;

$x_{15}$  – общий прирост урожайности озимой пшеницы, ц;

# Система переменных экономико-математической модели

## Участок № 2

$x_{16}, x_{17}, x_{18}$  – дозы действующего вещества, соответственно  $N, P_2O_5$  и  $K_2O$ , отнесенные на прирост урожайности картофеля по первому интервалу прибавки, кг д. в/га;

$x_{19}$  – прирост урожайности картофеля по первому интервалу прибавки, ц;

$x_{20}, x_{21}, x_{22}$  – дозы действующего вещества, соответственно  $N, P_2O_5$  и  $K_2O$ , отнесенные на прирост урожайности картофеля по второму интервалу прибавки, кг д. в/га;

$x_{23}$  – прирост урожайности картофеля по второму интервалу прибавки, ц;

$x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}$  – дозы в физической массе, соответственно, аммиачной селитры, карбамида, суперфосфата и калийной соли для основного внесения под картофель, ц/га;

$x_{28}, x_{29}$  – дозы в физической массе, соответственно, аммиачной селитры и карбамида для внесения в подкормку под картофель, ц/га;

$x_{30}$  – общий прирост урожайности картофеля, ц;

# Система ограничений экономико-математической модели

## 1. Группа ограничений по балансу выноса элементов питания продукцией и внесения их с удобрениями

Обобщенная математическая запись ограничений данной группы имеет вид:

$$-\lambda_l \cdot x_{rlk} + a_{rlk} \cdot x_{rk} = 0, \quad (k \in K, l \in L, r \in R),$$

где  $r$  – номер элементарной культуры,  $r \in R$  ;

$R$  – множество, составленное номерами элементарных культур;

$l$  – номер вида удобрения (элемента питания), ;

$L$  – множество, составленное номерами видов удобрений (элементов питания);

$k$  – номер интервала прибавки урожайности, ;

$K$  – множество, составленное номерами интервалов прибавки урожайности;

$\lambda_l$  – содержание элементов питания  $l$  – го вида в единице действующего вещества удобрения  $l$ -го вида;

$a_{rlk}$  – затраты действующего вещества удобрений  $l$  – го вида на единицу прироста урожайности  $r$ -й элементарной культуры в  $k$ -м интервале прибавки, кг д. в/га;

$x_{rlk}$  – искомая доза действующего вещества удобрения  $l$  – го вида, отнесенная на прирост урожайности  $r$ -й элементарной культуры по  $k$ -му интервалу прибавки, кг д. в/га;

$x_{rk}$  – искомый прирост урожайности  $r$ -й элементарной культуры в  $k$ -м интервале прибавки, ц/га.

# Система ограничений экономико-математической модели

Ограничения по затратам действующего вещества удобрений в первом интервале прибавки урожайности озимой пшеницы:

По азоту (1):

$$-x_1 + 3,3x_4 = 0;$$

По фосфору (2):

$$-x_2 + 3,3x_4 = 0;$$

По калию (3):

$$-x_3 + 3,5x_4 = 0.$$

Ограничения по затратам действующего вещества удобрений во втором интервале прибавки урожайности озимой пшеницы:

По азоту (5):

$$-x_5 + 4x_8 = 0;$$

По фосфору (6):

$$-x_6 + 4x_8 = 0;$$

По калию (7):

$$-x_7 + 4,5x_8 = 0.$$

# Система ограничений экономико-математической модели

**Ограничения по затратам действующего вещества удобрений в первом интервале прибавки урожайности картофеля:**

По азоту (15):

$$-x_{16} + 0,6x_{19} = 0;$$

По фосфору (16):

$$-x_{17} + 0,7x_{19} = 0;$$

По калию (17):

$$-x_{18} + 0,7x_{19} = 0.$$

**Ограничения по затратам действующего вещества удобрений во втором интервале прибавки урожайности картофеля:**

По азоту (19):

$$-x_{20} + 0,7x_{23} = 0;$$

По фосфору (20):

$$-x_{21} + 0,8x_{23} = 0;$$

По калию (21):

$$-x_{22} + 0,8x_{23} = 0.$$

# Система ограничений экономико-математической модели

## 2. Группа ограничений по границе интервалов прибавки урожайности

Обобщенная математическая запись ограничений данной группы:

$$\lambda_{rk} \cdot x_{rk} \leq b_{rk}, \quad (k \in K, r \in R),$$

где  $b_{rk}$  – верхняя граница  $k$ -го интервала прибавки урожайности  $r$ -й элементарной культуры, ц/га;

$\lambda_{rk}$  – выход продукции с единицы прироста урожайности  $r$ -й элементарной культуры по  $k$ -му интервалу прибавки;  $\lambda_{rk} = 1, (k \in K, r \in R)$ .

# Система ограничений экономико-математической модели

По величине первого интервала прибавки урожайности озимой пшеницы (4):

$$x_4 \leq 6;$$

По величине второго интервала прибавки урожайности озимой пшеницы (8):

$$x_8 \leq 5;$$

По величине первого интервала прибавки урожайности картофеля (18):

$$x_{19} \leq 30;$$

По величине второго интервала прибавки урожайности картофеля (22):

$$x_{23} \leq 60.$$



# Система ограничений экономико-математической модели

## 3. Группа ограничений по формированию годовых норм удобрений в ассортименте поставки

Обобщенная математическая запись:

$$\sum_{k \in K} (\lambda_l \cdot x_{rlk}) - \sum_{t \in T} \sum_{f \in F} (V_{ef} \cdot x_{rtf}) = 0, \quad (\lambda_l = 1, l \in L, r \in R),$$

где:  $f$  – номер формы удобрения,  $f \in F$  ;

$F$  – множество, образованное номерами форм удобрений;

$F_l$  – подмножество множества  $F$ , составленное номерами форм удобрений, отнесенных к  $l$ -му виду удобрений;

$t$  – номер срока внесения удобрений,  $t \in T$ ;

$T$  – множество, составленное номерами сроков внесения удобрений;

$V_{ef}$  – содержание действующего вещества  $l$ -го вида в единице физической массы  $f$ -й формы удобрения, кг д. в/га;

$x_{rtf}$  – искомая доза  $f$ -й формы удобрения для внесения в  $t$ -й срок под  $r$ -ю элементарную культуру, ц.

# Система ограничений экономико-математической модели

По формированию доз азотных удобрений (аммиачной селитры и карбамида) для внесения под озимую пшеницу (9):

$$\begin{aligned}x_1 + x_5 &= 34x_9 + 46x_{10} + 34x_{13} + 46x_{14}; \\x_1 + x_5 - 34x_9 - 46x_{10} - 34x_{13} - 46x_{14} &= 0;\end{aligned}$$

По формированию доз фосфорных удобрений для внесения под озимую пшеницу (10):

$$x_2 + x_6 - 20x_{11} = 0;$$

По формированию доз калийных удобрений для внесения под озимую пшеницу (11):

$$x_3 + x_7 - 40x_{12} = 0;$$

По формированию доз азотных удобрений (аммиачной селитры и карбамида) для внесения под картофель (23):

$$x_{16} + x_{20} - 34x_{24} - 46x_{25} - 34x_{28} - 46x_{29} = 0;$$

По формированию доз фосфорных удобрений для внесения под картофель (24):

$$x_{17} + x_{21} - 20x_{26} = 0;$$

По формированию доз калийных удобрений для внесения под картофель (25):

$$x_{18} + x_{22} - 40x_{27} = 0.$$

# Система ограничений экономико-математической модели

## 4. Группа ограничений по распределению годовых удобрений по срокам внесения

Обобщенная математическая запись ограничений данной группы:

$$-\sum_{f \in F} (V_{lf} \cdot x_{rtf}) + W_{lt} \left( \sum_{t \in T} \sum_{f \in F_l} (V_{lf} \cdot x_{rtf}) \right) \leq 0, \quad (l \in L, r \in R)$$

где  $W_{lt}$  – предельно допустимая доля внесения в  $t$ -й срок удобрения  $l$ -го вида в годовой норме удобрения  $l$ -го вида.

# Система ограничений экономико-математической модели

По распределению годовых норм аммиачной селитры и карбамида под зерновые (озимая пшеница) для основного внесения и в подкормку. Ограничение реализует условие по внесению в подкормку не менее 20% от годовой нормы азотных удобрений в единицах действующего вещества (12):

$$34x_{13} + 46x_{14} \geq 0,2(34x_9 + 46x_{10} + 34x_{13} + 46x_{14});$$

$$-27,2x_{13} - 36,8x_{14} + 6,8x_9 + 9,2x_{10} \leq 0;$$

По распределению годовых норм аммиачной селитры и карбамида под картофель для основного внесения и в подкормку. Ограничение реализует условие по внесению в подкормку не менее 10% от годовой нормы азотных удобрений в единицах действующего вещества (26):

$$34x_{28} + 46x_{29} \geq 0,1(34x_{24} + 46x_{25} + 34x_{28} + 46x_{29});$$

$$-30,6x_{28} - 41,4x_{29} + 3,4x_{24} + 4,6x_{25} \leq 0.$$

# Система ограничений экономико-математической модели

## 5. Группа ограничений по допустимому удельному весу отдельных форм удобрений в общей дозе

Обобщенная математическая запись ограничений данной группы:

$$V_{lf} \cdot x_{rtf} - W_{ltf} \cdot \sum_{f \in F_l} (V_{lf} \cdot x_{rtf}) \leq 0, \quad (f \in F, t \in T, r \in R)$$

где  $W_{ltf}$  – предельно допустимая доля дозы внесения в  $t$ -й срок  $f$ -й формы удобрения  $l$ -го вида в общей дозе удобрения, в рассматриваемый срок внесения этого же вида.

## Система ограничений экономико-математической модели

По удельному весу карбамида в дозе азотных удобрений, вносимой под зерновые в подкормку: не более 50% от общей дозы в пересчете на действующее вещество (13):

$$46x_{14} \leq 0,5(34x_{13} + 46x_{14});$$

$$23x_{14} - 17x_{13} \leq 0;$$

По удельному весу карбамида в дозе азотных удобрений, вносимой под картофель в подкормку: не более 50% от общей дозы в пересчете на действующее вещество (27):

$$46x_{29} \leq 0,5(34x_{28} + 46x_{29});$$

$$23x_{29} - 17x_{28} \leq 0.$$

# Система ограничений экономико-математической модели

## 6. Группа ограничений по суммарному приросту урожайности на участке

Обобщенная математическая запись ограничений данной группы:

$$\sum_{k \in K} (\lambda_r \cdot x_{rk}) - x_r = 0, \quad (r \in R)$$

где  $\lambda_r$  – выход продукции с единицы прироста урожайности  $r$ -й элементарной культуры;  $x_r = 1 \quad (r \in R)$  ;

$x_r$  – вспомогательная переменная, обозначающая суммарный прирост урожайности по  $r$ -й элементарной культуре, ц.

## Система ограничений экономико-математической модели

По суммарному приросту урожайности озимой пшеницы (14):

$$x_4 + x_8 = x_{15};$$

$$x_4 + x_8 - x_{15} = 0;$$

По суммарному приросту урожайности картофеля (28):

$$x_{19} + x_{23} = x_{30};$$

$$x_{19} + x_{23} - x_{30} = 0.$$



# Система ограничений экономико-математической модели

## 7. Группа ограничений по балансу ресурсов и потребления удобрений

Обобщенная математическая запись ограничений данной группы:

$$W_f \cdot \sum_{r \in R} \sum_{t \in T} (a_r \cdot x_{rtf}) \leq b_f, \quad (f \in F)$$

где  $W_f$  – технико-экономический коэффициент, определяющий изменение единиц измерения единиц измерения,  $W_f=0,1$  ( $f \in F$ ) ;  
 $a_r$  – площадь участка под  $r$ -й элементарной культурой, га;  
 $b_f$  – фонды удобрений  $f$ -й формы, т.

## Система ограничений экономико-математической модели

По фонду аммиачной селитры, тонн физической массы (29):

$$0,1(60(x_9 + x_{13}) + 48(x_{24} + x_{28})) \leq 9;$$

$$6x_9 + 6x_{13} + 4,8x_{24} + 4,8x_{28} \leq 9;$$

По фонду карбамида, тонн физической массы (30):

$$0,1(60(x_{10} + x_{14}) + 48(x_{25} + x_{29})) \leq 0,7;$$

$$6x_{10} + 6x_{14} + 4,8x_{25} + 4,8x_{29} \leq 0,7;$$

По фонду суперфосфата, тонн физической массы (31):

$$0,15(60x_{11} + 48x_{26}) \leq 30,0;$$

$$9,6x_{11} + 7,68x_{26} \leq 30,0;$$

По фонду калийной соли, тонн физической массы (32):

$$0,15(60x_{12} + 48x_{27}) \leq 16,0;$$

$$9,6x_{12} + 7,68x_{27} \leq 16,0.$$

# Система ограничений экономико-математической модели

## 8. Группа ограничений по производству продукции

Обобщенная математическая запись ограничений данной группы:

$$W_r \cdot a_r \cdot \sum_{r \in R_m} (\lambda_{rm} \cdot x_r) \geq b_m, \quad (\lambda_{rm} = 1, \quad m \in M)$$

- где  $m$  – номер вида интегральной продукции,  $m \in M$  ;  
 $M$  – множество, составленное номерами видов продукции;  
 $R_m$  – подмножество множества  $R$ , составленное номерами элементарных культур, отнесенных к  $m$ -му виду интегральной продукции;  
 $\lambda_{rm}$  – выход продукции  $m$ -вида в пересчете на единицу продукции  $r$ -й элементарной культуры;  
 $W_r$  – масштабный множитель перевода центнеров в тонны,  
 $W_r = 0,1$  ( $r \in R$ );  
 $b_m$  – минимальный допустимый объем производства продукции  $m$ -го вида, т.

# Система ограничений экономико-математической модели

По приросту производства зерна, т (33):

$$0,1 \cdot 60 \cdot x_{15} \geq 42;$$

$$6 \cdot x_{15} \geq 42;$$

По приросту производства картофеля, т (34):

$$0,1 \cdot 48 \cdot x_{30} \geq 240;$$

$$4,8 \cdot x_{30} \geq 240$$

# Условия неотрицательности переменных экономико-математической модели

$x_{rtlf} \geq 0$ ; где  $f \in F$ ,  $l \in L$ ,  $t \in T$ ,  $r \in R$ ;

$x_{rlk} \geq 0$ ; где  $k \in K$ ,  $l \in L$ ,  $r \in R$ ;

$x_{rk} \geq 0$ ; где  $k \in K$ ,  $r \in R$ ;

$x_r \geq 0$ ; где  $r \in R$ .



## Целевая функция экономико-математической модели

В качестве критерия оптимальности использован показатель дополнительного чистого дохода, отнесенного на удобрение.

Обобщенная математическая запись целевой функции может быть представлена следующим образом:

$$\max z = \sum_{r \in R} (a_r \cdot ((c_{mr} - c_r) \cdot x_r)) - \sum_{t \in T} \sum_{f \in F} (c_{ft} \cdot x_{rft})$$

где  $c_{ft}$  - удельные суммарные затраты на применение в  $t$ -й срок 1 ц  $f$ -й формы удобрения. Суммарные затраты складываются из затрат на: приобретение, транспортировку, приготовление и внесение удобрений и накладных расходов, в расчете на 1 ц удобрений, руб.;

$c_{mr}$  - цена 1 ц продукции  $r$ -й элементарной культуры, отнесенной к  $m$ -му виду интегральной продукции, руб.;

$c_r$  - удельные затраты на уборку, транспортировку и доработку 1 ц продукции  $r$ -й элементарной культуры, ц.

**Целевая функция имеет вид:**

$$\begin{aligned} \max z = & -61200x_9 - 96000x_{10} - 105000x_{11} - \\ & - 293400x_{12} - 70737,6x_{13} - \\ & - 102298,2x_{14} + 51507,6x_{15} - 48960x_{24} - \\ & - 76800x_{25} - 84000x_{26} - 234720x_{27} - \\ & - 56590,08x_{28} - 81838,56x_{29} + 30660x_{30} \end{aligned}$$





# Подготовка исходной информации

## Продолжение таблица 7. Расчет показателей последствия удобрений, внесенных под предшественники, и плановых затрат удобрений, отнесенных на исходную урожайность

Потребность в удобрениях под исходный урожай (скорректированная с учетом последствий удобрений предшественника) в расчете на всю площадь						
в единицах действующего вещества, ц д. в.			в пересчете на конкретный ассортимент, т. физ. веса*)			
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	аммиачная селитра	карбамид	суперфосфат	калийная соль
15	16	17	18	19	20	21
31,20	30,60	24,60	9,18	-	15,30	6,15
24,96	15,60	14,16	7,34	-	7,80	3,55
56,16	46,20	38,76	16,52	-	23,10	9,70

\*) Потребность в азотных удобрениях на исходную урожайность полностью отнесена на аммиачную селитру

# Подготовка исходной информации

**Таблица 8. Расчет фондов удобрений, отнесенных на прирост урожая, т физ. веса**

№ варианта	Фонды удобрений под урожай планового периода в ассортименте поставки				Потребность в удобрениях под исходный урожай, скорректированная на последствие удобрения предшественника				Подлежит распределению под прирост урожая			
	аммиачная селитра	карбамид	суперфосфат	калийная соль	аммиачная селитра	карбамид	суперфосфат	калийная соль	аммиачная селитра	карбамид	суперфосфат	калийная соль
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	25,52	0,70	41,50	19,20	16,52	-	23,10	9,70	9,0	0,70	30,0	16,0

# Подготовка исходной информации

**Таблица 9. Расчет показателя выхода продукции, отнесенной на исходную урожайность**

№ участков	Площадь, га	Культура	«Стартовая» урожайность, ц/га	Выход продукции за счет «стартовой» урожайности по всей площади, *) т
1	2	3	4	5
1	60	оз. пшеница	22	132
2	48	картофель	110	528
<b>Всего</b>	<b>108</b>	-	-	-

\*) Итоговый показатель в данной графе рассчитывается для вариантов 3, 6, 9, 12, 15 с однородными видами продукции (зерно озимой пшеницы и ячменя).

**Таблица 10. Обеспечение заданных объемов производства продукции**

Номер варианта	Задание по производству продукции, т					
	Всего		из них			
			выполняется за счет исходного урожая		подлежит выполнению за счет прироста урожая	
	зерно	картофель	зерно	картофель	зерно	картофель
1	2	3	4	5	6	7
1	174,0	768,0	132,0	528,0	42,0	240,0



# Решение экономико-математической модели по распределению фондов минеральных удобрений сельскохозяйственного предприятия по полям севооборотов и кормовым угодьям

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию:

До:  Максимум  Минимум  Значения:

Изменяя ячейки переменных:

В соответствии с ограничениями:

\$AM\$42 >= \$AK\$42	▲ ☰ ▼	Добавить
\$AM\$37 <= \$AL\$37		
\$AM\$40 <= \$AL\$40		
\$AM\$39 <= \$AL\$39		
\$AM\$41 >= \$AK\$41		
\$AM\$9 <= \$AL\$9		
\$AM\$11 <= \$AL\$11		
\$AM\$36 = \$AL\$36		
\$AM\$33 <= \$AL\$33		
\$AM\$38 <= \$AL\$38		
\$AM\$30 <= \$AL\$30		
\$AM\$31 <= \$AL\$31		

Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения:

Метод решения

Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

Справка      Найти решение      Закрыть

Заполнение меню  
*Поиск решения*







# Формирование отчетов по результатам моделирования

## Отчет по результатам

С64					ц д.в. ввод формул			
A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Microsoft Excel 14.0 Отчет о результатах							
2	Лист: [Модель_МинУд.х16]UD3							
3	Отчет создан: 19.03.2013 0:01:02							
4	Результат: Решение найдено. Все ограничения и условия оптимальности выполнены.							
5	Модуль поиска решения							
6	Модуль: Поиск решения линейных задач симплекс-методом							
7	Время решения: 0,125 секунд							
8	Число итераций: 30 Число подзадач: 0							
9	Параметры поиска решения							
10	Максимальное время Без пределов, Число итераций Без пределов, Precision 0,000001							
11	Максимальное число подзадач Без пределов, Максимальное число целочисленных решений Без пределов, Целочисленное отклонение 5%, Считать неотрицательными							
12								
13								
14	Ячейка целевой функции (Максимум)							
15	Ячейка	Имя	Исходное значения	Окончательное значения				
16	\$AM\$43	x ввод формул	1385595,9	1385595,9				
17								
18								
19	Ячейки переменных							
20	Ячейка	Имя	Исходное значения	Окончательное значения	Целочисленное			
21	\$QS\$44	Значения переменных N	19,8	19,8	Продолжить			
22	\$R\$44	Значения переменных P2O5	19,8	19,8	Продолжить			
23	\$IS\$44	Значения переменных K2O	21,0	21,0	Продолжить			
24	\$JS\$44	Значения переменных прирост урожайности, ц	6,0	6,0	Продолжить			
25	\$KS\$44	Значения переменных N	4,0	4,0	Продолжить			
26	\$LS\$44	Значения переменных P2O5	4,0	4,0	Продолжить			
27	\$MS\$44	Значения переменных K2O	4,5	4,5	Продолжить			
28	\$NS\$44	Значения переменных прирост урожайности, ц	1,0	1,0	Продолжить			
29	\$OS\$44	Значения переменных аммиачная селитра	0,6	0,6	Продолжить			
30	\$PS\$44	Значения переменных карбамид	0,0	0,0	Продолжить			
31	\$QS\$44	Значения переменных суперфосфат	1,2	1,2	Продолжить			
32	\$RS\$44	Значения переменных калийная соль	0,6	0,6	Продолжить			
33	\$SS\$44	Значения переменных аммиачная селитра	0,1	0,1	Продолжить			
34	\$TS\$44	Значения переменных карбамид	0,1	0,1	Продолжить			
35	\$US\$44	Значения переменных Общий прирост урожайности, ц	7,0	7,0	Продолжить			
36	\$VS\$44	Значения переменных N	18,0	18,0	Продолжить			
37	\$WS\$44	Значения переменных P2O5	21,0	21,0	Продолжить			
38	\$XS\$44	Значения переменных K2O	21,0	21,0	Продолжить			
39	\$YS\$44	Значения переменных прирост урожайности, ц	30,0	30,0	Продолжить			
40	\$Z\$44	Значения переменных N	22,7	22,7	Продолжить			
41	\$AA\$44	Значения переменных P2O5	26,0	26,0	Продолжить			
42	\$AB\$44	Значения переменных K2O	26,0	26,0	Продолжить			
43	\$AC\$44	Значения переменных прирост урожайности, ц	32,4	32,4	Продолжить			
44	\$AD\$44	Значения переменных аммиачная селитра	1,0	1,0	Продолжить			
45	\$AE\$44	Значения переменных карбамид	0,0	0,0	Продолжить			
46	\$AF\$44	Значения переменных суперфосфат	2,3	2,3	Продолжить			
47	\$AG\$44	Значения переменных калийная соль	1,2	1,2	Продолжить			
48	\$AH\$44	Значения переменных аммиачная селитра	0,1	0,1	Продолжить			
49	\$AI\$44	Значения переменных карбамид	0,0	0,0	Продолжить			
50	\$AJ\$44	Значения переменных Общий прирост урожайности, ц	62,4	62,4	Продолжить			
51								



Ограничения						
Ячейка	Имя	Значения ячейки	Формула	Состояние	Допуск	
54	\$AM\$10	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$10--\$AL\$10	Привязка	0	
55	\$AM\$14	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$14--\$AL\$14	Привязка	0	
56	\$AM\$11	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$11--\$AL\$11	Привязка	0	
57	\$AM\$21	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$21--\$AL\$21	Привязка	0	
58	\$AM\$20	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$20--\$AL\$20	Привязка	0	
59	\$AM\$31	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$31--\$AL\$31	Привязка	0	
60	\$AM\$24	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$24--\$AL\$24	Привязка	0	
61	\$AM\$23	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$23--\$AL\$23	Привязка	0	
62	\$AM\$25	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$25--\$AL\$25	Привязка	0	
63	\$AM\$29	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$29--\$AL\$29	Привязка	0	
64	\$AM\$13	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$13--\$AL\$13	Привязка	0	
65	\$AM\$12	ц ввод формул	6,0 \$AM\$12--\$AL\$12	Привязка	0	
66	\$AM\$40	т ввод формул	15,1 \$AM\$40--\$AL\$40	Без привязки	0,865142857	
67	\$AM\$37	т ввод формул	9,0 \$AM\$37--\$AL\$37	Привязка	0	
68	\$AM\$34	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$34--\$AL\$34	Привязка	0	
69	\$AM\$26	ц ввод формул	30,0 \$AM\$26--\$AL\$26	Привязка	0	
70	\$AM\$33	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$33--\$AL\$33	Привязка	0	
71	\$AM\$28	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$28--\$AL\$28	Привязка	0	
72	\$AM\$17	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$17--\$AL\$17	Привязка	0	
73	\$AM\$18	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$18--\$AL\$18	Привязка	0	
74	\$AM\$15	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$15--\$AL\$15	Привязка	0	
75	\$AM\$41	т ввод формул	42,0 \$AM\$41--\$AK\$41	Привязка	0,0	
76	\$AM\$30	ц ввод формул	32,4 \$AM\$30--\$AL\$30	Без привязки	27,55952381	
77	\$AM\$27	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$27--\$AL\$27	Привязка	0	
78	\$AM\$32	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$32--\$AL\$32	Привязка	0	
79	\$AM\$36	ц ввод формул	0,0 \$AM\$36--\$AL\$36	Привязка	0	
80	\$AM\$35	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$35--\$AL\$35	Привязка	0	
81	\$AM\$22	ц ввод формул	1,0 \$AM\$16--\$AL\$16	Без привязки	4	
82	\$AM\$16	ц ввод формул	299,7 \$AM\$42--\$AK\$42	Без привязки	59,7	
83	\$AM\$39	т ввод формул	29,5 \$AM\$39--\$AL\$39	Без привязки	0,546285714	
84	\$AM\$38	т ввод формул	0,7 \$AM\$38--\$AL\$38	Привязка	0	
85	\$AM\$19	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$19--\$AL\$19	Привязка	0	
86	\$AM\$9	ц д.в. ввод формул	0,0 \$AM\$9--\$AL\$9	Привязка	0	
87						
88						
89						



# Формирование отчетов по результатам моделирования

1 Microsoft Excel 14.0 Отчет об устойчивости  
2 Лист: [Модель\_МинУд.xls]Уд3  
3 Отчет создан: 19.03.2013 0:01:20  
4  
5  
6 Ячейки переменных

Ячейка	Имя	Окончательное Значение	Приведенн. Стоимость	Целевая функция Козффициент	Допустимое Увеличение	Допустимое Уменьшение
\$G\$44	Значения переменных N	19,8	0	0	1E+30	11903,5183
\$H\$44	Значения переменных P2O5	19,8	0	0	1E+30	11903,5183
\$I\$44	Значения переменных K2O	21	0	0	0	11223,3172
\$J\$44	Значения переменных прирост урожайности, ц	6	0	0	0	39281,6102
\$K\$44	Значения переменных N	4	0	0	9820,40256	0
\$L\$44	Значения переменных P2O5	4	0	0	9820,40256	0
\$M\$44	Значения переменных K2O	4,5	0	0	8729,24672	0
\$N\$44	Значения переменных прирост урожайности, ц	1	0	0	39281,6102	0
\$O\$44	Значения переменных аммиачная селитра	0,56	0	-61200	1743052,06	0
\$P\$44	Значения переменных карбамид	0	0	-96000	0	1E+30
\$Q\$44	Значения переменных суперфосфат	1,19	0	-105000	820259,792	1E+30
\$R\$44	Значения переменных калийная соль	0,6375	0	-293400	1458239,63	1E+30
\$S\$44	Значения переменных аммиачная селитра	0,07	0	-70737,6	4882,4087	1E+30
\$T\$44	Значения переменных карбамид	0,05173913	0	-102298,2	19202,0118	6605,61176
\$U\$44	Значения переменных Общий прирост урожайности,	7	0	51507,6	164051,958	1E+30
\$V\$44	Значения переменных N	18	0	0	1E+30	7060,28571
\$W\$44	Значения переменных P2O6	21	0	0	1E+30	6051,67347
\$X\$44	Значения переменных K2O	21	0	0	1E+30	6051,67347
\$Y\$44	Значения переменных прирост урожайности, ц	30	0	0	1E+30	4236,17143
\$Z\$44	Значения переменных N	22,70833333	0	0	0	30607,4517
\$AA\$44	Значения переменных P2O6	25,95238095	0	0	6177,75	26781,5202
\$AB\$44	Значения переменных K2O	25,95238095	0	0	6177,75	26781,5202
\$AC\$44	Значения переменных прирост урожайности, ц	32,44047619	0	0	4942,2	0
\$AD\$44	Значения переменных аммиачная селитра	1,027634804	0	-48960	0	3905,92696
\$AE\$44	Значения переменных карбамид	0,036911232	0	-76800	5284,48941	0
\$AF\$44	Значения переменных суперфосфат	2,347619048	0	-84000	1E+30	535630,404
\$AG\$44	Значения переменных калийная соль	1,173809524	0	-234720	1E+30	1071260,81
\$AH\$44	Значения переменных аммиачная селитра	0,059865196	0	-56590,08	3905,92696	20813067,1
\$AI\$44	Значения переменных карбамид	0,044248188	0	-81838,56	15361,6094	5284,48941
\$AJ\$44	Значения переменных Общий прирост урожайности,	62,44047619	0	30660	1E+30	21425,2162



ФОКУС  
ВНИМАНИЯ

## Отчет по устойчивости

40 Ограничения

Ячейка	Имя	Окончательное Значение	Тень Цена	Ограничение Правая сторона	Допустимое Увеличение	Допустимое Уменьшение
\$AMS9	ц д.в. ввод формул	0	40388,0146	0	0,99583333	6,96666667
\$AMS19	ц д.в. ввод формул	0	7335	0	25,5	3,6047619
\$AMS38	т ввод формул	0,7	293321,412	0,7	0,1298913	0,18649886
\$AMS39	т ввод формул	29,45371429	0	30	1E+30	0,54628571
\$AMS42	т ввод формул	299,7142857	0	240	59,7142857	1E+30
\$AMS16	ц ввод формул	1	0	5	1E+30	4
\$AMS36	ц ввод формул	0	-30660	0	12,4404762	1E+30
\$AMS32	ц д.в. ввод формул	0	4200	0	46,952381	1,42261905
\$AMS27	ц д.в. ввод формул	1,06581E-14	32293,7143	0	1,24479167	8,70833333
\$AMS30	ц ввод формул	32,44047619	0	60	1E+30	27,5595238
\$AMS41	т ввод формул	42	-27341,9931	42	10,45	6
\$AMS15	ц д.в. ввод формул	-8,88178E-16	7335	0	4,5	3,6047619
\$AMS18	ц д.в. ввод формул	3,55271E-15	5250	0	23,8	1,13809524
\$AMS22	ц ввод формул	0	-215559,558	0	1,74166667	1
\$AMS17	ц д.в. ввод формул	-1,19904E-14	40388,0146	0	0,99583333	6,96666667
\$AMS28	ц д.в. ввод формул	1,42109E-14	4200	0	25,952381	1,42261905
\$AMS33	ц д.в. ввод формул	0	5868	0	46,952381	4,50595238
\$AMS26	ц ввод формул	30	4236,17143	30	37,8472222	30
\$AMS35	ц д.в. ввод формул	-2,22045E-16	114,880205	0	1,69791667	2,03541667
\$AMS34	ц д.в. ввод формул	-6,66134E-16	166,974015	0	4,07083333	3,39583333
\$AMS37	т ввод формул	9	218428,87	9	0,17573529	1,22941176
\$AMS40	т ввод формул	15,13485714	0	16	1E+30	0,86514286
\$AMS12	ц ввод формул	6	39281,6102	6	1	4
\$AMS13	ц д.в. ввод формул	0	40388,0146	0	0,99583333	6,96666667
\$AMS29	ц д.в. ввод формул	1,42109E-14	5868	0	25,952381	4,50595238
\$AMS25	ц д.в. ввод формул	0	5868	0	21	4,50595238
\$AMS23	ц д.в. ввод формул	0	32293,7143	0	1,24479167	8,70833333
\$AMS24	ц д.в. ввод формул	0	4200	0	21	1,42261905
\$AMS31	ц д.в. ввод формул	1,28786E-14	32293,7143	0	1,24479167	8,70833333
\$AMS20	ц д.в. ввод формул	3,55271E-15	208,717519	0	4,76	2,71666667
\$AMS21	ц д.в. ввод формул	-2,22045E-16	143,600256	0	1,35833333	2,38
\$AMS11	ц д.в. ввод формул	0	7335	0	21	3,6047619
\$AMS10	ц д.в. ввод формул	0	5250	0	19,8	1,13809524
\$AMS14	ц д.в. ввод формул	0	5250	0	4	1,13809524

# Формирование отчетов по результатам моделирования

*Отчет по  
пределам*

Microsoft Excel 14.0 Отчет о пределах										
Лист: [Модель_МинУд.xls]Уд3										
Отчет создан: 19.03.2013 0:01:40										
Целевая функция										
Ячейка	Имя	Значение								
SAMS43	x ввод форми	1385595,9								
Переменная										
Ячейка	Имя	Значение	Нижний Предел	Целевая функция Результат	Верхний Предел	Целевая функция Результат				
SGS44	Значения пе	19,8	19,8	1385595,9	19,8	1385595,9				
SHS44	Значения пе	19,8	19,8	1385595,9	19,8	1385595,9				
SIS44	Значения пе	21,0	21,0	1385595,9	21,0	1385595,9				
SJS44	Значения пе	6,0	6,0	1385595,9	6,0	1385595,9				
SKS44	Значения пе	4,0	4,0	1385595,9	4,0	1385595,9				
SLS44	Значения пе	4,0	4,0	1385595,9	4,0	1385595,9				
SMS44	Значения пе	4,5	4,5	1385595,9	4,5	1385595,9				
SNS44	Значения пе	1,0	1,0	1385595,9	1,0	1385595,9				
SOS44	Значения пе	0,6	0,6	1385595,9	0,6	1385595,9				
SPS44	Значения пе	0,0	0,0	1385595,9	0,0	1385595,9				
SQS44	Значения пе	1,2	1,2	1385595,9	1,2	1385595,9				
SRS44	Значения пе	0,6	0,6	1385595,9	0,6	1385595,9				
SSS44	Значения пе	0,1	0,1	1385595,9	0,1	1385595,9				
STS44	Значения пе	0,1	0,1	1385595,9	0,1	1385595,9				
SUS44	Значения пе	7,0	7,0	1385595,9	7,0	1385595,9				
SVS44	Значения пе	18,0	18,0	1385595,9	18,0	1385595,9				
SWS44	Значения пе	21,0	21,0	1385595,9	21,0	1385595,9				
SXS44	Значения пе	21,0	21,0	1385595,9	21,0	1385595,9				
SYS44	Значения пе	30,0	30,0	1385595,9	30,0	1385595,9				
SZS44	Значения пе	22,7	22,7	1385595,9	22,7	1385595,9				
SAAS44	Значения пе	26,0	26,0	1385595,9	26,0	1385595,9				
SABS44	Значения пе	26,0	26,0	1385595,9	26,0	1385595,9				
SACS44	Значения пе	32,4	32,4	1385595,9	32,4	1385595,9				
SADS44	Значения пе	1,0	1,0	1385595,9	1,0	1385595,9				
SAES44	Значения пе	0,0	0,0	1385595,9	0,0	1385595,9				
SAFS44	Значения пе	2,3	2,3	1385595,9	2,3	1385595,9				
SAGS44	Значения пе	1,2	1,2	1385595,9	1,2	1385595,9				
SAHS44	Значения пе	0,1	0,1	1385595,9	0,1	1385595,9				
SAIS44	Значения пе	0,0	0,0	1385595,9	0,0	1385595,9				
SAJS44	Значения пе	62,4	62,4	1385595,9	62,4	1385595,9				



# Анализ результатов решения

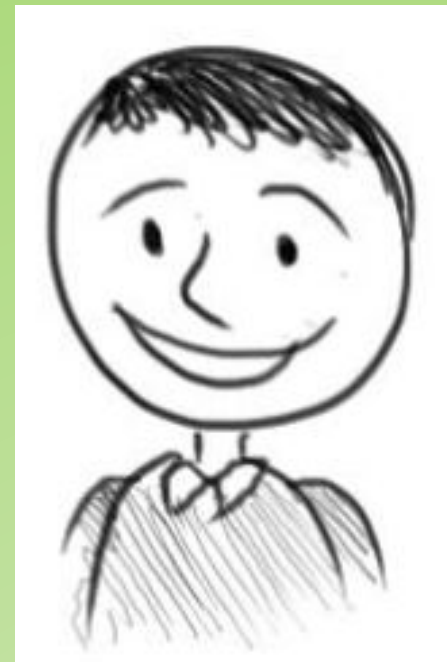
**Размер дополнительного чистого дохода от применения удобрений под прирост урожая составляет 1385,6 тыс. руб..**

С точки зрения критерия оптимальности (дополнительного чистого дохода), более эффективным является внесение удобрений под картофель:

- прирост урожайности озимой пшеницы обеспечивает, но не превышает, задание по гарантированному производству зерна.
- производство картофеля превышает задание на 59,7 тонны. Дальнейший прирост урожайности ограничивается фондами аммиачной селитры и карбамида.

**Из двойственных оценок ограничений наибольший интерес представляют оценки по ограничениям 29-34:**

- оценки ограничений по ресурсам аммиачной селитры (29) и карбамида (30) указывают на полное использование данных ресурсов и определяют прирост целевой функции, соответственно на 218428,9 руб. и на 293321,4 руб. при увеличении фондов этих удобрений на 1 т.
- оценки ограничений по ресурсам суперфосфата (31) и калийной со-ли (32) указывают на недоиспользование данных ресурсов.
- оценка ограничения по производству зерна (33) свидетельствует об обратной зависимости между заданием по объему производства зерна и значением целевой функции (дополнительного чистого до-хода). Увеличение задания по производству зерна на 1 т привело бы к уменьшению значения функционала на 27342 руб.
- оценка ограничения (34) свидетельствует о том, что задание по производству картофеля не является сдерживающим для возрастания функционала.



**ЗАДАЧА РЕШЕНА!!!  
УРА!!!**