



УДК 330.45-519.85

А.А. Городов, Л.В. Городова, М.А. Федорова

ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

В статье рассматриваются результаты комплексного моделирования использования машинно-тракторного парка в растениеводстве. Даны рекомендации по составлению комплексных моделей оптимизации на предприятии, имеющие важное значение при планировании работы.

Ключевые слова: моделирование, машинно-тракторный парк, пшеница, пары, рапс.

А.А. Gorodov, L.V. Gorodova, M.A. Fedorova

THE OPTIMIZATION OF THE MACHINE-TRACTOR PARK USE IN AGRICULTURAL ORGANIZATIONS

The results of the complex modeling of the machine-tractor park use in plant growing are considered in the article. The recommendations on compiling the complex optimization models at the enterprise that have significant work planning are given.

Key words: modeling, machine-tractor park, wheat, fallow, rape.

Введение. В сельском хозяйстве применение экономико-математических методов по сравнению с промышленностью имеет ряд дополнительных трудностей. Из-за многоотраслевого характера в сельском хозяйстве необходимо использовать большое количество переменных с очень сложной системой ограничений, поэтому модель имеет очень большую размерность, а вычислительная реализация требует мощных ЭВМ [1].

Для обеспечения оптимального функционирования отрасли необходимо основываться на тех же теоретических принципах, которые разрабатываются для оптимального функционирования экономики в целом с учетом специфических особенностей развития сельского хозяйства.

Одним из главных условий развития современного сельскохозяйственного производства является наличие у предприятий основных производственных средств, соответствующих по количественным и качественным параметрам требованиям новейших технологий. В растениеводстве основные производственные средства главным образом представлены машинно-тракторным парком [2–3].

Существующие подходы к оптимизации машинно-тракторного парка носят фрагментарный характер. В основном эти работы связаны с оптимизацией использования техники при возделывании отдельных культур [4]. В данной работе будет рассмотрен комплексный подход к оптимизации машинно-тракторного парка, предполагающий объединение отдельных моделей по культурам в единое целое. Такой способ позволит оценить целостную картину оптимизации машинно-тракторного парка в растениеводстве на отдельно взятом предприятии.

Цель исследований. Построение экономико-математической модели оптимизации использования машинно-тракторного парка в растениеводстве.

Объекты и методы исследований. ОАО «Агрофирма Новомарьясово» расположено в Копьевском районе Республики Хакасия. Акционерное общество является крупным предприятием, которое занимается производством, переработкой и реализацией сельскохозяйственной продукции. Ежегодно наращивает площадь посевов сельскохозяйственных культур, что отчасти обусловлено развитием кормопроизводства для отрасли животноводства. В структуре площади посевов наибольший удельный вес приходится на зерновые (40,18 %) и многолетние травы (37,43 %), что обусловлено формированием собственной кормовой базы для

животноводства. Уровень убыточности за последние годы увеличился, что связано с ростом затрат на производство и реализацию продукции. Необходимо отметить, что темпы развития кормопроизводства должны полностью соответствовать темпам развития отрасли животноводства, к тому же необходимо рациональное использование ресурсов предприятия, что способствует снижению себестоимости продукции как растениеводства, так и животноводства.

Результаты исследований и их обсуждение. Модель оптимизации при посеве и обработке яровых. Произведем оптимизацию работ по обработке паров и подготовке посева яровых на предприятии с использованием имеющихся тракторов и агрегатов. Начнем описание модели с введения сроков и необходимого количества выполнения работ (табл. 1).

Таблица 1

Объем и сроки проведения работ при посеве и обработке яровых

Последовательность работ	Вид работ	Объем, га	Календарный срок	
			Начало	Конец
1	Вспашка пара	3000	20.09	27.09
2	Боронование пара	3000	14.05	15.05
3	Культивация пара	3000	20.05	23.05
4	Боронование	6300	14.05	15.05
5	Культивация	6300	14.05	15.05
6	Посев +внесение минеральных удобрений	6300	20.05	23.05
7	Опрыскивание	6300	20.06	22.06
8	Уборка яровых	6300	20.08	28.08

Для уменьшения суммарных затрат на производство яровых культур и обработку пара мы объединили ряд работ по срокам (2+4+5). Стоимостные характеристики тракторов, имеющихся в распоряжении у предприятия, свидетельствуют о явном старении техники. Количество тракторов достаточно для производства механизированных работ при производстве зерновых и обработке паров (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент использования календарного времени трактора с учетом ветхости и потерь по переездам

Марка трактора	Наличие в хозяйстве, шт.	Коэффициент использования календарного времени
ДТ-75	6	0,85
Т-150К	5	0,7
Т-4А	7	0,8
К-700А	3	0,8
К-744Р	2	0,9
К-701	2	0,83
МТЗ-80	9	0,88
МТЗ-82	8	0,9
Енисей-1200	5	0,71

Используя характеристику агрегатов, производительность и стоимость каждого вида работ, составим математическую модель оптимизации использования машинно-тракторного парка при посеве и обработке яровых. Первой составляющей данной модели являются переменные (в данном случае 39), которые характеризуют использование тракторов и сельхозмашин на различных видах работ (табл. 3–4).

Таблица 3

Характеристика агрегатов по производительности и стоимости в период работы на парах

Последовательность работ	Переменная	Марка трактора	Марка с.-х. машины	Число машин в агрегате	Производительность за весь период, га	Эксплуатационные расходы на 1 га, руб.
1	X ₁	ДТ-75	ПЛП-6-35	7	164,29	608,28
	X ₂	Т-150К	ПТК-9-35	10	237,44	517,25
	X ₃	Т-4А	ПЛП-6-35	7	157,70	651,73
	X ₄	К-700А	ПТК-9-35	10	262,14	586,56
	X ₅	К-744Р	ПТК-9-35	10	329,47	682,75
	X ₆	К-701	ПТК-9-35	10	274,10	696,83
2	X ₇	ДТ-75	БЗСС-1,0	21	783,36	78,97
	X ₈	Т-150К	БЗСС-1,0	24	741,89	81,16
	X ₉	Т-4А	БЗСС-1,0	21	737,28	99,33
	X ₁₀	К-700А	БДТ-7,0	6	545,28	81,16
	X ₁₁	К-744Р	БДТ-7,0	6	613,44	91,54
	X ₁₂	К-701	БДТ-7,0	6	565,73	95,44
3	X ₁₃	ДТ-75	КПС-4,2+ЗБС	6	261,12	114,61
	X ₁₄	Т-150К	КПЗ-9,7	2	353,92	119,76
	X ₁₅	Т-4А	КПС-4,2+ЗБС	6	245,76	107,32
	X ₁₆	К 700А	КПЗ-9,7	3	404,48	79,80
	X ₁₇	К 744Р	Р+КПЭ-3,8	4	725,76	61,01
	X ₁₈	К 701	Р+КПЭ-3,8	4	669,31	77,24

Таблица 4

Характеристика агрегатов по производительности и стоимости в период работы на яровых

Последовательность работ	Переменная	Марка трактора	Марка с.-х. машины	Число машин в агрегате	Производительность за весь период, га	Эксплуатационные расходы на 1 га, руб.
4	X ₁₉	ДТ-75	БЗСС-1,0	21	783,36	78,97
	X ₂₀	Т-150К	БЗСС-1,0	24	741,89	81,16
	X ₂₁	Т-4А	БЗСС-1,0	21	737,28	99,33
	X ₂₂	К-700А	БДТ-7,0	6	545,28	81,16
	X ₂₃	К-744Р	БДТ-7,0	6	613,44	91,54
	X ₂₄	К-701	БДТ-7,0	6	565,73	95,44
5	X ₂₅	ДТ-75	КПС-4,2+ЗБС	6	261,12	79,59
	X ₂₆	Т-150К	КПЗ-9,7	2	353,92	83,17
	X ₂₇	Т-4А	КПС-4,2+ЗБС	6	245,76	89,43
	X ₂₈	К-700А	КПЗ-9,7	3	808,96	55,42
	X ₂₉	К-744Р	Р+КПЭ-3,8	4	725,76	50,84
	X ₃₀	К-701	Р+КПЭ-3,8	4	669,31	53,64
6	X ₃₁	ДТ-75	СП-16А+ЗККШ-6А	5	374,00	482,59
	X ₃₂	Т-150К	ЗСЗП-3,6	2	218,40	504,216
	X ₃₃	Т-4А	СЗП-3,6(3)+СП-16А	5	256,00	442,032
	X ₃₄	К-700А	Кузбас 8,5	2	352,00	277,90
	X ₃₅	К-744Р	Кузбас 8,5	2	468,00	264,27
	X ₃₆	К-701	Кузбас 8,5	2	398,40	227,04
7	X ₃₇	МТЗ-80	ОП-2000-2-0,1	2	654,72	72,24
	X ₃₈	Т-150К	ОПШ-3200	2	873,60	74,532
8	X ₃₉	Енисей- 1200	-----	1	1717,63	2089,2

Следующим этапом является построение системы ограничений задачи, которые можно разбить на два класса:

1) по объему работ на пашне и парах:

$$\left\{ \begin{array}{l} 164,29x_1 + 288,32x_2 + 118,27x_3 + 262,14x_4 + 329,47x_5 + 274,10x_6 = 3000 \\ 783,36x_7 + 900,86x_8 + 552,96x_9 + 545,28x_{10} + 613,44x_{11} + 565,73x_{12} = 3000 \\ 261,12x_{13} + 429,76x_{14} + 184,32x_{15} + 404,48x_{16} + 725,76x_{17} + 669,31x_{18} = 3000 \\ 783,36x_{19} + 900,86x_{20} + 552,96x_{21} + 545,28x_{22} + 613,44x_{23} + 565,73x_{24} = 6300 \\ 261,12x_{25} + 429,76x_{26} + 184,32x_{27} + 808,96x_{28} + 725,76x_{29} + 669,31x_{30} = 6300 \\ 374,00x_{31} + 265,20x_{32} + 192,00x_{33} + 352,00x_{34} + 468,00x_{35} + 398,40x_{36} = 6300 \\ 654,72x_{37} + 1060,80x_{38} = 6300 \\ 1717,63x_{39} = 6300 \end{array} \right.$$

2) по количеству тракторов и техники в каждом периоде:

$$\begin{array}{l} \text{первый} - \left\{ \begin{array}{l} x_1 \leq 6 \\ x_2 \leq 5 \\ x_3 \leq 7 \\ x_4 \leq 3 \\ x_5 \leq 2 \\ x_6 \leq 2 \end{array} \right. ; \text{второй} - \left\{ \begin{array}{l} x_7 + x_{19} + x_{25} \leq 6 \\ x_8 + x_{20} + x_{26} \leq 5 \\ x_9 + x_{21} + x_{27} \leq 7 \\ x_{10} + x_{22} + x_{28} \leq 3 \\ x_{11} + x_{23} + x_{29} \leq 2 \\ x_{12} + x_{24} + x_{30} \leq 2 \end{array} \right. ; \text{третий} - \left\{ \begin{array}{l} x_{13} + x_{31} \leq 6 \\ x_{14} + x_{32} \leq 5 \\ x_{15} + x_{33} \leq 7 \\ x_{16} + x_{34} \leq 3 \\ x_{17} + x_{35} \leq 2 \\ x_{18} + x_{36} \leq 2 \end{array} \right. ; \\ \text{остальные} - \left\{ \begin{array}{l} x_{37} \leq 9 \\ x_{38} \leq 5 \\ x_{34} + x_{35} + x_{36} \leq 7 \\ x_{39} \leq 3 \end{array} \right. \end{array}$$

Целевая функция:

$$\begin{aligned} F_1(x) = & 99933,70x_1 + 122815,37x_2 + 102775,61x_3 + 153762,98x_4 + 224948,64x_5 + 191001,19x_6 + \\ & + 61863,51x_7 + 60208,66x_8 + 73237,67x_9 + 44252,74x_{10} + 56156,73x_{11} + 53992,77x_{12} + \\ & + 29927,87x_{13} + 42387,11x_{14} + 26373,98x_{15} + 32276,88x_{16} + 44277,17x_{17} + 51695,07x_{18} + \\ & + 61863,51x_{19} + 60208,66x_{20} + 73237,67x_{21} + 44252,74x_{22} + 56156,73x_{23} + 53992,77x_{24} + \\ & + 20783,25x_{25} + 29435,49x_{26} + 21978,32x_{27} + 44829,00x_{28} + 36897,64x_{29} + 35899,35x_{30} + \\ & + 180487,34x_{31} + 110120,77x_{32} + 113160,19x_{33} + 97819,73x_{34} + 123680,49x_{35} + 90452,74x_{36} + \\ & + 47296,97x_{37} + 65111,16x_{38} + 3588476,77x_{39} \rightarrow \min \end{aligned}$$

Данная задача будет решаться на минимум затрат при производстве яровых и обработке паров.

Модель оптимизации при выращивании трав. Аналогично построению предыдущей модели введем необходимые данные, такие, как сроки выполнения, характеристика агрегатов и их производительность, затраты (табл. 5–6).

Таблица 5

Объем и сроки проведения работ при выращивании трав

Последовательность работ	Вид работ	Объем, га	Календарный срок	
			Начало	Конец
1	Боронование пашни под однолетние травы	2990	10.05	13.05
2	Внесение минеральных удобрений + посев многолетних трав	5868	16.05	19.05
3	Внесение минеральных удобрений + посев однолетних трав	2990	16.05	19.05
4	Скашивание однолетних трав на зеленый корм	2700	16.07	20.07
5	Скашивание однолетних трав на сено	290	10.08	15.08
6	Скашивание многолетних трав на сено	5868	10.08	15.08

Введем переменные задачи, начиная с 40, так как 39 переменных мы уже использовали (в данном случае их будет 22).

Таблица 6

Характеристика агрегатов по производительности и стоимости работ на травах

Последовательность работ	Переменная	Марка трактора	Марка с.-х. машины	Число машин в агрегате	Производительность за весь период, га	Эксплуатационные расходы на 1 га, руб.
Многолетние травы						
2	X ₄₆	MT3-80	СП-16А+ЗККШ-6А	10	472,32	145,428
	X ₄₇	T-150K	ЗСЗП-3,6	4	573,44	145,044
	X ₄₈	T-4А	СЗП-3,6+СП-16А	10	309,76	208,128
	X ₄₉	MT3-82	СП-16А+ЗККШ-6А	10	480,00	143,1
6	X ₅₉	MT3-80	КС-2,1	2	549,12	361,176
	X ₆₀	T-150K	КПКУ-75	2	504,00	314,532
	X ₆₁	MT3-82	КСС – 2,6	2	578,88	348,3
Однолетние травы						
1	X ₄₀	ДТ-75	БЗСС-1,0	21	391,68	78,97
	X ₄₁	T-150K	БЗСС-1,0	24	370,94	81,16
	X ₄₂	MT3-80	ОП-2000-2-0,1	2	414,72	82,78
	X ₄₃	K-700A	БДТ-7,0	6	272,64	81,16
	X ₄₄	K-744P	БДТ-7,0	6	306,72	76,29
	X ₄₅	K-701	БДТ-7,0	6	282,86	79,53
3	X ₅₀	MT3-80	СП-16А+ЗККШ-6А	5	207,82	145,98
	X ₅₁	T-150K	ЗСЗП-3,6	2	200,70	504,216
	X ₅₂	T-4А	СЗП-3,6+СП-16А	5	123,90	442,032
	X ₅₃	MT3-82	СП-16А+ЗККШ-6А	5	216,00	143,1
4	X ₅₄	MT3-82	КСС-2,6	2	273,60	859,2
	X ₅₅	MT3-80	КСС-2,6	2	239,36	875,4818
5	X ₅₆	MT3-80	КС-2,1	2	549,12	348,3
	X ₅₇	MT3-82	КСС – 2,6	2	578,88	361,176
	X ₅₈	T-150K	КПКУ-75	2	504,00	314,532

Система ограничений задачи также разбиваем на два класса:

1) по объему работ на пашне:

$$\left\{ \begin{array}{l} 391,68x_{40} + 370,94x_{41} + 414,72x_{42} + 272,64x_{43} + 306,72x_{44} + 282,86x_{45} = 2990 \\ 472,32x_{46} + 573,44x_{47} + 309,76x_{48} + 480,00x_{49} = 5868 \\ 207,82x_{50} + 200,70x_{51} + 123,90x_{52} + 216,00x_{53} = 2990 \\ 273,60x_{54} + 239,3x_{55} = 2700 \\ 549,12x_{56} + 578,88x_{57} + 504,00x_{58} = 290 \\ 549,12x_{59} + 504,00x_{60} + 578,88x_{61} = 5868 \end{array} \right.$$

2) по количеству тракторов и техники в каждом периоде:

$$\text{первый} - \left\{ \begin{array}{l} x_{40} \leq 6 \\ x_{41} \leq 5 \\ x_{42} \leq 7 \\ x_{43} \leq 3 \\ x_{44} \leq 2 \\ x_{45} \leq 2 \end{array} \right. ; \text{второй} - \left\{ \begin{array}{l} x_{46} + x_{50} \leq 9 \\ x_{47} + x_{51} \leq 5 \\ x_{48} + x_{52} \leq 7 \\ x_{49} + x_{53} \leq 8 \end{array} \right. ; \text{остальные} - \left\{ \begin{array}{l} x_{54} \leq 8 \\ x_{55} \leq 9 \\ x_{56} + x_{59} \leq 9 \\ x_{57} + x_{61} \leq 5 \\ x_{58} + x_{60} \leq 8 \end{array} \right.$$

Целевая функция:

$$F_2(x) = 30931,75x_{40} + 30104,33x_{41} + 34330,16x_{42} + 22126,37x_{43} + 23398,64x_{44} + \\ + 22496,99x_{45} + 68688,55x_{46} + 83174,03x_{47} + 64469,73x_{48} + 68688,00x_{49} + \\ + 30337,68x_{50} + 101198,17x_{51} + 54769,53x_{52} + 30909,60x_{53} + 235077,12x_{54} + \\ + 209555,33x_{55} + 191258,50x_{56} + 209077,56x_{57} + 158524,13x_{58} + 198328,97x_{59} + \\ + 158524,13x_{60} + 201623,90x_{61} \rightarrow \min$$

Модель при выращивании рапса и кукурузы. Прейдем к рассмотрению последней модели оптимизации использования машинно-тракторного парка при производстве рапса и кукурузы на силос (табл. 7).

Таблица 7

Объем и сроки проведения работ при производстве рапса и кукурузы на силос

Последовательность работ	Вид работ	Объем, га	Календарный срок	
			Начало	Конец
1	Боронование пашни под рапс	60	10.05	13.05
2	Культивация	60	14.05	15.05
3	Посев рапса и внесение минеральных удобрений	60	16.05	19.05
4	Уборка рапса	60	10.08	19.08
5	Боронование пашни под кукурузу	460	10.05	13.05
6	Внесение минеральных удобрений и посев кукурузы	460	16.05	19.05
7	Уборка кукурузы на силос	460	10.08	19.08

Введем переменные задачи, начиная с 62, так как 61 переменную мы уже использовали, в данном случае их будет 29 (табл. 8).

Система ограничений задачи также разбиваем на два класса:

1) по объему работ на пашне:

$$\left\{ \begin{array}{l} 391,68x_{62} + 370,94x_{63} + 405,50x_{64} + 272,64x_{65} + 306,72x_{66} + 282,8x_{67} = 60 \\ 65,28x_{68} + 88,48x_{69} + 61,44x_{70} + 202,24x_{71} + 181,44x_{72} + 167,33x_{73} = 60 \\ 59,04x_{74} + 71,68x_{75} + 38,72x_{76} + 60,00x_{77} = 60 \\ 92,95x_{78} = 60 \\ 41,07x_{79} + 59,36x_{80} + 39,42x_{81} + 65,54x_{82} + 82,37x_{83} + 68,52x_{84} = 460 \\ 374,00x_{85} + 218,40x_{86} + 256,00x_{87} + 352,00x_{88} + 468,00x_{89} = 460 \\ 273,60x_{90} = 460 \end{array} \right.$$

2) по количеству тракторов и техники в каждом периоде:

$$\text{первый} - \left\{ \begin{array}{l} x_{62} + x_{79} \leq 6 \\ x_{63} + x_{80} \leq 5 \\ x_{64} \leq 9 \\ x_{81} \leq 7 \\ x_{65} + x_{82} \leq 3 \\ x_{66} + x_{83} \leq 2 \\ x_{67} + x_{84} \leq 2 \end{array} \right. ; \text{второй} - \left\{ \begin{array}{l} x_{68} \leq 6 \\ x_{69} \leq 5 \\ x_{70} \leq 7 \\ x_{71} \leq 3 \\ x_{72} \leq 2 \\ x_{73} \leq 2 \end{array} \right. ; \text{третий} - \left\{ \begin{array}{l} x_{74} \leq 9 \\ x_{75} + x_{86} \leq 5 \\ x_{85} \leq 6 \\ x_{77} \leq 8 \\ x_{88} \leq 3 \\ x_{89} \leq 2 \end{array} \right. ; \text{остальные} - \left\{ \begin{array}{l} x_{78} \leq 1 \\ x_{90} \leq 8 \end{array} \right.$$

Таблица 8

Характеристика агрегатов по производительности и стоимости работ на рапсе и кукурузе

Последовательность работ	Переменная	Марка трактора	Марка с.-х. машины	Число машин в агрегате	Производительность за весь период, га	Эксплуатационные расходы на 1 га, руб.
1	2	3	4	5	6	7
Рапс						
1	x_{62}	ДТ-75	БЗСС-1,0	21	391,68	65,81
	x_{63}	Т-150К	БЗСС-1,0	24	370,94	67,63
	x_{64}	МТЗ-80	ОП-2000-2-0,1	2	405,50	68,98
	x_{65}	К-700А	БДТ-7,0	6	272,64	67,63
	x_{66}	К-744Р	БДТ-7,0	6	306,72	63,57
	x_{67}	К-701	БДТ-7,0	6	282,86	66,28
2	x_{68}	ДТ-75	КПС-4,2+ЗБС	6	65,28	79,59
	x_{69}	Т-150К	КПЗ-9,7	2	88,48	83,17
	x_{70}	Т-4А	КПС-4,2+ЗБС	6	61,44	89,43
	x_{71}	К-700А	КПЗ-9,7	3	202,24	55,42
	x_{72}	К-744Р	Р+КПЗ-3,8	4	181,44	50,84
	x_{73}	К-701	Р+КПЗ-3,8	4	167,33	53,64
3	x_{74}	МТЗ-80	СП-16А+ЗККШ-6А	5	59,04	145,98
	x_{75}	Т-150К	ЗСЗП-3,6	2	71,68	504,216
	x_{76}	Т-4А	СЗП-3,6(3)+СП-16А	5	38,72	442,032
	x_{77}	МТЗ-82	СП-16А+ЗККШ-6А	5	60,00	143,1

1	2	3	4	5	6	7
4	X ₇₈	2ПТС-4-887А	-----	3	92,95	1462,04
Кукуруза						
5	X ₇₉	ДТ-75	ПЛП-6-35	7	41,07	608,28
	X ₈₀	Т-150К	ПТК-9-35	10	59,36	517,25
	X ₈₁	Т-4А	ПЛП-6-35	7	39,42	651,73
	X ₈₂	К-700А	ПТК-9-35	10	65,54	586,56
	X ₈₃	К-744Р	ПТК-9-35	10	82,37	682,75
	X ₈₄	К-701	ПТК-9-35	10	68,52	696,83
6	X ₈₅	ДТ-75	СП-16А+3ККШ-6А	5	374,00	482,59
	X ₈₆	Т-150К	ЗСЗП-3,6	2	218,40	504,216
	X ₈₇	Т-4А	СЗП-3,6(3)+СП-16А	5	256,00	442,032
	X ₈₈	К-700А	Кузбас 8,5	2	352,00	231,58
	X ₈₉	К-744Р	Кузбас 8,5	2	468,00	220,23
7	X ₉₀	МТЗ-82	КСС-2,6	2	273,60	859,2

Целевая функция:

$$F_3(x) = 25776,46x_{62} + 25086,94x_{63} + 27972,72x_{64} + 18438,64x_{65} + 19498,87x_{66} + \\ + 18747,49x_{67} + 5195,81x_{68} + 7358,87x_{69} + 5494,58x_{70} + 11207,25x_{71} + 9224,41x_{72} + \\ + 8974,84x_{73} + 8618,66x_{74} + 36142,20x_{75} + 17115,48x_{76} + 8586,00x_{77} + 135897,95x_{78} + \\ + 24983,43x_{79} + 30703,84x_{80} + 25693,90x_{81} + 38440,75x_{82} + 56237,16x_{83} + \\ + 47750,30x_{84} + 180487,34x_{85} + 110120,77x_{85} + 113160,196x_{87} + 81516,44x_{88} + \\ + 103067,08x_{89} + 235077,12x_{90} \rightarrow \min$$

Общая модель оптимизации. Итогом оптимизации использования машинно-тракторного парка является создание общей модели, которая позволит найти наилучшее распределение тракторов и сельхозмашин на предприятии ОАО «Агрофирма Новомарьясово», при котором достигается минимум производственных затрат при производстве яровых, обработке паров, выращивании однолетних и многолетних трав, а также кормовых культур рапса и кукурузы, используемых на силос. Переменные объединенной задачи формируются путем простого объединения: 39+22+29=90. Целевая функция: $F(x) = F_1(x) + F_2(x) + F_3(x) \rightarrow \min$.

Система ограничений претерпевает небольшие изменения. Так, ограничения по объемам выполненных работ объединяются в одну. Для определения изменения остальных ограничений по количеству техники необходимо определить работы, совпадающие по срокам (см. табл. 1, 5, 7). Так, например, в работах по травам в ограничение по технике $x_{40} \leq 6$ добавятся переменные x_{62} и x_{79} . Тогда ограничение примет вид: $x_{40} + x_{62} + x_{79} \leq 6$. Аналогичным образом объединены и остальные ограничения. Суммарно модель будет содержать 90 неизвестных и 65 ограничений. Полученная модель решена с использованием поиска решения Excel. Получено следующее:

1) целевая функция: $F(x) = 26080617,39p$;

2) переменные: $x_1=6$; $x_2=5$; $x_3=0,258$; $x_4=3$; $x_5=0$; $x_6=0$; $x_7=2,693$; $x_8=0$; $x_9=1,208$; $x_{10}=0$; $x_{11}=0$; $x_{12}=0$; $x_{13}=0$; $x_{14}=0$; $x_{15}=0$; $x_{16}=0$; $x_{17}=4,134$; $x_{18}=0$; $x_{19}=3,307$; $x_{20}=5$; $x_{21}=0$; $x_{22}=0$; $x_{23}=0$; $x_{24}=0$; $x_{25}=0$; $x_{26}=0$; $x_{27}=4,407$; $x_{28}=3$; $x_{29}=2$; $x_{30}=2$; $x_{31}=6$; $x_{32}=4,256$; $x_{33}=7$; $x_{34}=0$; $x_{35}=2$; $x_{36}=1$; $x_{37}=9$; $x_{38}=0,466$; $x_{39}=3,668$; $x_{46}=2,927$; $x_{47}=5$; $x_{48}=5,224$; $x_{49}=0$; $x_{59}=0$; $x_{60}=4,425$; $x_{61}=6,285$; $x_{40}=6$; $x_{41}=0$; $x_{42}=0$; $x_{43}=0$; $x_{44}=2$; $x_{45}=0,094$; $x_{50}=6,073$; $x_{51}=0$; $x_{52}=0$; $x_{53}=8$; $x_{54}=8$; $x_{55}=2,136$; $x_{56}=0$; $x_{57}=0$; $x_{58}=0,575$; $x_{62}=0$; $x_{63}=0$; $x_{64}=0,002$; $x_{65}=0$; $x_{66}=0$; $x_{67}=0$; $x_{68}=0$; $x_{69}=0$;

$x_{70}=0,977$; $x_{71}=0$; $x_{72}=0$; $x_{73}=0$; $x_{74}=0$; $x_{75}=0$; $x_{76}=0,004$; $x_{77}=0$; $x_{78}=0,0004$; $x_{79}=0$; $x_{80}=5$; $x_{81}=0$; $x_{82}=2,49$; $x_{83}=0$; $x_{84}=0$; $x_{85}=0$; $x_{86}=0$; $x_{87}=0$; $x_{88}=0$; $x_{89}=0,983$; $x_{90}=1,68$.

Для оценки качества полученного результата рассмотрим реальную себестоимость оптимизированных работ на предприятии (табл. 9). Так затраты на яровые за вычетом затрат на семена, удобрения, химические средства защиты и электроэнергию составляют 25350 тыс. руб. При этом 10 % из них составляют затраты на транспортировку, сушку и доработку. Тогда необходимые для анализа затраты составят 22815 тыс. руб.

Таблица 9

Себестоимость работ на предприятии

Работа по производству продукции	Себестоимость, тыс. руб.	Затраты на оптимизированные работы, тыс. руб.
Пары	2835	2835
Яровые	25350	22815
Многолетние травы	3539	3503,61
Однолетние травы	10667	4266,8
Рапс	71	14,2
Кукуруза	5732	2006,2
Итого	48194	35440,8

Заключение. В парах процент оптимизации равен 0, для многолетних трав 1 %, а для однолетних трав, рапса и кукурузы при производстве зеленой массы эти показатели равны соответственно 60, 80 и 65 %. Полученное значение целевой функции ниже на 9360,19 тыс. руб., или на 26,41 %. Это свидетельствует о высокой степени оптимизации процесса производства продукции растениеводства. При этом в целом к затратам на основное производство в растениеводстве сокращение составило 11,12 %. Убыточность за последний период составила 7,7 %, а при использовании полученной модели предприятие перейдет к точке безубыточности.

В целом такое комплексное моделирование использования машинно-тракторного парка позволит существенно снижать затраты. Предложенный комплексный подход в оптимизации может быть использован применительно и к другим предприятиям.

Литература

1. Коваленко Н.Я. Экономика сельского хозяйства. – М.: ЭКМОС, 1999.
2. Минаков И.А. Экономика сельского хозяйства. – М.: Колос, 2010.
3. Оптимизация состава машинно-тракторного парка /Т.Х. Пазова, Ю.А. Шекихачев, А.Х. Сохроков [и др.] // Политематический сетевой электрон. науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 75. – С. 285–295.
4. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве / А.М. Гатаулин, Г.В. Гаврилов, Т.Н. Сорокина [и др.]; под ред. А.М. Гатаулина. – СПб.: ООО «ИТК ГРАНИТ», 2009. – 432 с.

