

*ШИРШОВ В. М.,
кандидат физико-математических наук;
КОЖЕНКОВА К. И.,
кандидат технических наук;
ДАВИДОВСКИЙ Н. А.,
старший преподаватель.*

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПОПОЛНЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ПОЛЕВОДСТВА

На Пленуме ЦК КПСС, состоявшемся в сентябре 1965 г., перед народным хозяйством страны была поставлена важнейшая экономическая задача об увеличении выхода готовой продукции, приходящейся на единицу капитальных вложений. В докладе XXIII съезду Коммунистической партии Советского Союза А. П. Косыгин сказал: «Огромное значение для повышения эффективности общественного производства имеет рациональное использование основных фондов, сырья, топлива, материалов, трудовых и финансовых ресурсов, сокращение всех затрат на производство единицы продукции».

В сельском хозяйстве к основным производственным фондам относятся: земельные угодья, хозяйственные постройки и сооружения, продуктивный скот, машинно-тракторный парк и другие. Причем на долю машинно-тракторного парка приходится большая часть капитальных вложений. Поэтому задача оптимального использования машинно-тракторного парка является одной из основных экономических задач сельскохозяйственного производства.

Сущность задачи оптимального использования и пополнения машинно-тракторного парка может быть коротко сформулирована следующим образом: определить состав такого машинно-тракторного парка для данного хозяйства, чтобы все сельскохозяйственные процессы были полностью и качественно выполнены в требуемые агротехнические сроки, причем с минимальными производственными затратами.

Как видно из постановки задачи, в качестве критерия оптимальности берется минимизация всех производственных затрат, которые состоят из заработной платы, стоимости топлива и смазочных материалов, отчислений на реновацию, капитальный ремонт, текущий ремонт, технические уходы и на хранение, а также учитывается стоимость вновь приобретаемых машин.

Перейдем к изложению математической модели сформулированной задачи.

Пусть в течение производственного цикла (хозяйственный год) хозяйству надо выполнить n работ. Каждая работа нуме-

руется в порядке начала ее выполнения ($j=1, 2, 3, \dots, n$). Известно начало t_j работы и конец t'_j , так что продолжительность работы будет равна

$$\Delta t_j = t'_j - t_j - 1 \text{ (выходные дни).}$$

Известен также объем P_j каждой работы. Пусть, далее, для выполнения j работы можно укомплектовать l_j агрегатов. Каждому агрегату соответствует номер $s=1, 2, 3, \dots, l_j$. Обозначим через y_j^s количество агрегатов s вида, которое используется на j -й работе, а через a_j^s производительность каждого из этих агрегатов. Тогда объем работы, который могут выполнить все агрегаты на j -й работе, будет равен

$$\sum_{s=1}^{l_j} a_j^s y_j^s \Delta t_j.$$

Этот объем должен быть равен всему объему j -й работы. Таким образом, мы получаем n линейных ограничений, требующих выполнения всех видов работ,

$$\sum_{s=1}^{l_j} a_j^s y_j^s \Delta t_j = P_j \quad (j=1, 2, 3, \dots, n).$$

Для того, чтобы все работы были выполнены в требуемые агротехнические сроки, необходимо ввести ограничения на количество машин каждой марки.

Пусть машинно-тракторный парк состоит из m различных марок машин. Каждая марка имеет свой номер $i=1, 2, 3, \dots, m$.

Обозначим через Q_i количество машин i -й марки, имеющиеся в хозяйстве, через x_i обозначим количество машин i -й марки, которое хозяйство должно приобрести.

Пусть λ_{ij}^s есть количество машин i -й марки, входящее в s -й агрегат при выполнении j -й работы. Тогда количество машин i -й марки, входящее во все агрегаты при выполнении j -й работы, будет равно

$$\sum_{s=1}^{l_j} \lambda_{ij}^s y_j^s.$$

Все работы разделим на q_i групп. Каждой группе дадим определенный номер $v_i=1, 2, \dots, q_i, i=1, 2, 3, \dots, m$. Каждой машине марки i будут соответствовать свои группы работ. В одну и ту же группу работ будем относить те работы, которые выполняются одновременно и при выполнении которых участвует i -я машина.

Тогда количество машин i -й марки, одновременно занятых в выполнении v_i -й группы работ, будет равно

$$\sum_{v_i} \sum_{s=1}^{l_j} \lambda_{ij}^s y_j^s.$$

Оно не должно превышать суммы наличного количества Q_i и вновь приобретенного x_i .

Таким образом, мы получаем систему линейных ограничений на количество машин каждой марки.

$$\sum_{v_i} \sum_{s=1}^{l_j} \lambda_{ij}^s y_j^s \leq Q_i + x_i.$$

$i = 1, 2, 3, \dots, m; v_i = 1, 2, 3, \dots, q_i$.

Теперь y_j^s и x_i надо определить так, чтобы расходы на эксплуатацию и на приобретение машин были минимальны.

Обозначим через C_j^s все эксплуатационные затраты на s -й агрегат при выполнении j -й работы; через c_i стоимость одной новой машины i -й марки; через α_i — коэффициент стоимости i -й машины на один год. Тогда суммарные затраты будут

$$\sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^{l_j} C_j^s y_j^s + \sum_{i=1}^m \alpha_i c_i x_i.$$

Итак, математическая модель задачи состоит в следующем: минимизировать линейный функционал

$$\sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^{l_j} C_j^s y_j^s + \sum_{i=1}^m \alpha_i c_i x_i \quad (1)$$

при условиях:

$$y_j^s \geq 0, x_i \geq 0 \quad (2)$$

$$\sum_{s=1}^{l_j} a_j^s y_j^s \Delta t_j = P_j \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n); \quad (3)$$

$$\sum_{v_i} \sum_{s=1}^{l_j} \lambda_{ij}^s y_j^s \leq Q_i + x_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m); \quad (4)$$

$$(v_i = 1, 2, 3, \dots, q_i).$$

Для составления функционала и ограничений, налагаемых на искомые величины y_j^s и x_i , для каждой работы составляется

Предпосевное дискование с боронованием
(работа 9)

№ агрегата	№ трактора и сельхоз-машин		Марка трактора и с.х. машины										Количество механизаторов и их тарифная ставка, руб/час	Количество других рабочих и их тарифная ставка, руб/час	Заработная плата (цено), руб/час	Производительность агрегата, га/смена	Расход основного топлива, кг/час	Стоимость топлива и смазочных материалов, руб/час	Отчисления на ремонт, технику и хранение, руб/час	Всего затрат на агрегат, руб/час	Всего затрат на агрегат, руб/денеж	Производительность агрегата за рабочий день, га	Всего затрат на единицу работы, руб/га	Количество агрегатов		
	1	2	3	4	5	6	30	31	32	33	34	54													52	
1															1,0,61		0,61	15,50	7,10	0,32	2,08	3,01	42,14	31,00	1,36	у ₉ ¹
2	1														То же		То же	19,00	12,00	0,53	2,64	3,79	53,06	38,00	1,40	у ₉ ²
3					1										»		»	14,00	6,60	0,29	2,30	2,96	40,60	28,00	1,45	у ₉ ³
4				1											»		»	16,50	8,00	0,36	2,42	3,39	48,46	33,00	1,47	у ₉ ⁴
5					1										»		»	13,00	6,50	0,29	2,02	2,92	40,88	26,00	1,57	у ₉ ⁵
6					1										»		»	14,30	7,00	0,28	2,36	3,25	45,50	28,60	1,59	у ₉ ⁶
7					1										»		»	15,50	7,00	0,30	2,64	3,55	49,70	31,00	1,60	у ₉ ⁷
8		1													»		»	15,00	9,50	0,43	2,45	3,60	50,40	30,00	1,68	у ₉ ⁸
9		1													»		»	7,00	8,80	0,40	1,75	1,83	25,62	14,00	1,83	у ₉ ⁹
10		1													»		»	8,50	10,40	0,47	1,85	2,93	41,02	17,00	2,41	у ₉ ¹⁰
11		1													»		»	7,50	9,00	0,41	1,66	2,74	38,36	15,00	2,56	у ₉ ¹¹
12		1													»		»	8,00	10,30	0,47	1,94	3,02	42,28	16,00	2,64	у ₉ ¹²
13		1													»		»	8,00	10,30	0,47	2,54	3,62	50,68	16,00	3,17	у ₉ ¹³
14		1													»		»	7,00	8,80	0,40	2,35	3,43	48,02	14,00	3,43	у ₉ ¹⁴

№ п.п.	Наименование процессов	Апрель					Май					Июнь и т. д.				
		5	10	15	20	25	5	10	15	20	25	5	10	15	20	25
1	Раннее весеннее боронование															
2	Погрузка минеральных удобрений															
3	Транспортировка минеральных удобрений															
4	Подкормка озимых															
5	Погрузка минеральных удобрений															
6	Транспортировка минеральных удобрений															
7	Предпосевное внесение минеральных удобрений															
8	Дробление и смешивание минеральных удобрений															
9	Предпосевное дискование с боронованием															
10	Предпосевная культивация с боронованием															
11	Транспортировка семян зерновых															
12	Посев зерновых															
13	Протравливание семян яровых															
14	Погрузка семян в АС-2															
15	Прикатывание посевов															
16	Погрузка органических удобрений															
17	Разбрасывание органических удобрений															
18	Перевозка гуминовой воды и жижи															
19	Погрузка извести															
20	Транспортировка извести и т. д.															

таблица, в которой имеется состав агрегата, количество обслуживающего персонала, заработная плата, расход и стоимость горючего и смазочных материалов, сумма отчислений на амортизацию, ремонты, техходы и на хранение, производительность агрегата, затраты на производство единицы работы (табл. 1).

В качестве примера приведена табл. 1 для работы 9 — предпосевное дискование с боронованием. Объем работы $P_9 = 1962$ га, начало выполнения работы t_g 22 апреля, конец t'_g 20 мая. Составляется также сводная таблица всех видов работ с указанием сроков их выполнения (табл. 2).