ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Сборник трудов
Института математики СО АН СССР

1966 г. Выпуск 3

ПЛАНИРОВАНИЕ ЗАКАЗА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Т.Т. Максимова

Введение

Вопрос о выборе рациональной структуры парка сельскохозяйственных машин имеет большое народнохозяйственное значение. Он связан с проблемой эффективного использования материальных и денежных средств, земли и труда в сельском хозяйстве. Расчеты показывают, что расходы на приобретение машин и эксплуатационные затраты могут быть снижены на 20-30% за счет правильного выбора и использования техники. Задача выбора оптимальной структуры машинно-тракторного парка может быть успешно решена в рамках экономико-математической модели как задача линейного программирования.

В математико-экономическом отделе ИМ СО АН СССР под руководством академика Л.В.Канторовича ведется разработка моделей и методики решения задачи оптимального заказа и использования сельскохозяйственной техники методами линейного программирования с применением ЭВМ. В этой работе принимают участие сотрудники Сибирского филиала Всесоюзного института механизации сельского хозяйства. Методика расчета оптимальной структуры машинно-тракторного парка, разработанная Институтом математики и СибВНИМ, изложена в "Инструкции по расчету потребности и оптимального использования сельскохозяйственной техники

методами линейного программирования с применением ЭВМ" [6].

Математическое описание задачи заказа сельскохозяйственной техники

В хозяйстве с заданной структурой посевных площадей требуется выполнить комплекс из n работ в определенном объеме и в соответствующие сроки. Весь интересующий нас промежуток времени может быть разбит на T периодов. Для каждой сельскохозяйственной работы должны быть заданы: ее объем P_j, $j=1,2,\dots,n$; начальный и конечный период ее выполнения t_j^0, t_j^1; из числа имеющихся в нашем распоряжении машин m марок формируются для j-ой работы r_j разных агрегатов. Относительно каждого агрегата известны: его состав λ_{ij}^s – количество машин марки i, входящих в s-ый агрегат, выполняющий j-ю работу, где $i=1,2,\dots,m$, $s=1,2,\dots,r_j$; a_j^s – производительность агрегата за период; c_j^s – прямые затраты при работе агрегата в течение периода.

Кроме того, известно:

Q_i – количество машин i-ой марки, имеющееся в хозяйстве;

C_i – стоимость приобретения одной машины i-ой марки;

d_i – стоимость содержания одной машины i-ой марки за весь рассматриваемый промежуток времени.

Требуется определить:

x_{jt}^s – количество агрегатов s-го вида, используемых для выполнения j-ой работы, которые должны работать в период t, $t=1,2,\dots,T$;

y_i – количество машин i-ой марки, которое следует докупать;

z_i – количество машин i-ой марки, которое следует списать.

Все переменные должны удовлетворять следующим ограничениям:

1. $x_{jt}^s \geqslant 0;\ y_i \geqslant 0;\ z_i \geqslant 0;\ t=t_j^0,\ t_j^0+1,\dots,t_j^1;$

$s=1,2,\dots,r_j;\ j=1,2,\dots,n;\ i=1,2,\dots,m;$

2. $\sum\limits_{t=t_j^0}^{t_j^1}\sum\limits_{s=1}^{r_j} a_j^s x_{jt}^s = P_j;\ j=1,2,\dots,n;$

3. $\sum\limits_{j=1}^{n}\sum\limits_{s=1}^{r_j} \lambda_{ij}^s x_{jt}^s \leqslant Q_i+y_i-z_i;$ $\quad i=1,2,\dots,m;\ t=1,2,\dots,T;$

4. минимума достигает величина :

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{t=t_j^0}^{t_j^1}\sum_{s=1}^{n_j} c_j^s x_{jt}^s + \sum_{i=1}^{m} d_i(Q_i+y_i-z_i) + \alpha\sum_{i=1}^{m} c_i y_i ,$$

где α - некоторый коэффициент, выражающий норму эффективности капиталовложений.

Ограничения 2 показывают, что общие объемы работ, выполняемые в агротехнически допустимые сроки, должны быть известными.

Неравенство 3 означает, что в период t не может быть использовано машин больше, чем их будет в наличии.

Условие 4 означает, что из всех возможных решений нас удовлетворяет то, которое обеспечивает суммарный минимум затрат.

Задачу можно решать в различных вариантах:

1) если $Q_i=0$,т.е, парк отсутствует, то решается задача на комплектование парка сельскохозяйственных машин;

2) если y_i и $z_i=0$, т.е. машины не покупаются и не списываются, то решается задача на распределение имеющегося парка сельскохозяйственных машин;

3) если не все $Q_i=0$, то решается задача на пополнение заданного парка машин.

Методы решения задачи заказа и использования сельскохозяйственной техники

Для решения этой задачи применим ряд методов линейного программирования: метод последовательного исправления плана[3], симплекс-метод [7], итеративный метод [2] и др.

В математико-экономическом отделе ИМ СО АН СССР решались задачи на комплектование и использование машинно-тракторного парка для Улыбинского и Красноярского совхозов Новосибирской области. На примере других хозяйств решались задачи оптимального распределения имеющейся техники. Расчет всех этих задач проводился на ЭВМ по программам, составленным В.А.Булавским[2], М.А.Яковлевой [8], Р.А.Звягиной [7].

Расчет рационального использования наличной сельскохозяйственной техники в течение года имеет большое значение для анализа работы каждого сельскохозяйственного предприятия. Он дает возможность выяснить "узкие места", определить, какой именно техники не хватает для выполнения работы в нужный период.Одна-

ко еще большее значение имеют вопросы рационального комплектования парка сельскохозяйственных машин и рационального его пополнения. Как правило, если ведется расчет машинно-тракторного парка по целому хозяйству на весь год с учетом всех культур и всех основных работ в растениеводстве, то задачи получаются большого объема (в дальнейшем мы будем называть решение такой задачи "полным"). Например, при расчете МТП для Красноярского совхоза Новосибирской области учитывались 133 сельскохозяйственных работы, 135 марок машин и тракторов, 60 периодов различной продолжительности, включающие весь год, 314 агрегатов, сформированных из 135 машин для выполнения 133 сельскохозяйственных работ. При учете всех этих исходных данных в задаче получается 1750 ограничений и 3800 переменных. Решение задач такого объема на ЭВМ осуществимо с помощью итеративных методов, однако требует значительных затрат машинного времени. Это может быть оправдано при решении задач выбора структуры заказа сельскохозяйственной техники промышленности, при определении экономической эффективности новых видов сельскохозяйственных машин, новых технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур и других важных вопросов.

При решении множества практических задач, связанных с комплектованием МТП в хозяйствах, могут быть применены специальные и упрощенные приемы их решения, требующие, как правило, гораздо меньших затрат машинного времени. Специальные приемы используются при решении задачи на распределение тракторов по различным работам при условии, что ограничения по прицепным и навесным сельскохозяйственным машинам не задаются. В таком виде эта задача укладывается в схему λ - задачи линейного программирования [8]. Существующая программа для решения этой задачи позволяет рассчитывать распределение довольно значительного числа машин по большому количеству работ для продолжительного периода времени. Так, если число ограничений 256, то можно учесть работу 5 марок тракторов на протяжении 36 пятидневок при выполнении 140 видов различных сельскохозяйственных работ. Решение такой задачи позволяет проанализировать работу машинно-тракторного парка хозяйства за год.

Пользуясь программой для решения основной задачи линейного программирования (составленной Р.А.Звягиной) и оставаясь при этом в рамках вышеописанной модели, можно упрощенно решать задачи комплектования, пополнения и использования машинно-тракторного парка с учетом основных марок тракторов, сельскохозяйствен -

ных машин и всех видов сельскохозяйственных работ.

Изложим один из возможных подходов к решению таких задач на ЭВМ упрощенным способом с использованием уже существующих программ. Задача комплектования МТП решается не сразу,а в несколько этапов.

I этап. Корректировка исходных технико-экономических данных.

II этап. Выбор расчетных периодов.

III этап. Анализ полученного решения и подготовка последнего, итогового варианта.

IУ этап. Корректировка окончательного решения, определение структуры машинного парка, заполнение технологических карт и экономических таблиц.

Подготовка технико-экономических исходных данных для решения задачи производится по методике, описанной в "Инструкции" (см.[6] раздел 3). Корректируются лишь прямые затраты при работе агрегата за день. При решении "полной" задачи в прямые затраты C_j^s включаются заработная плата тракториста и обслуживающего персонала, отчисления на текущий ремонт и технические уходы, затраты на хранение, отчисления на капитальный ремонт и прочие затраты. В функционале учитываются затраты на содержание тракторов и сельскохозяйственных машин в размере доли стоимости трактора, идущей на реновацию α_i , а также приведенные капитальные вложения на приобретение машин αC_i , где α - коэффициент приведения (норма эффективности капитальных вложений). При решении упрощенной задачи такой учет остается справедливым для энергомашин (тракторов, самоходных шасси и комбайнов), считающихся в расчете основными марками; для навесных и прицепных сельскохозяйственных машин необходимо произвести пересчет, т.е. прямые производственные затраты скорректировать на размер реновации и часть стоимости приобретения сельскохозяйственных машин, приходящихся на один день работы машины. Для расчета этой "надбавки" к прямым затратам необходимо знать стоимость сельскохозяйственных машин, процент отчислений на реновацию, норму эффективности капитальных вложений α и число дней работы машины за год. Такой пересчет производится для всех агрегатов.

Для выбора расчетных периодов необходимо учесть все сельскохозяйственные работы, выполняемые в напряженные периоды года. Количество периодов, которые можно рассматривать в задаче, лимитируется общим числом ограничений, допускаемым программой.

Например, 6 марок энергомашин при 56 ограничениях позволяют учесть не более 9 периодов, так как в качестве ограничений здесь выступают не трактора, а тракторо-периоды. Периоды могут быть разной продолжительности - 3-5 дней. Следовательно, общая продолжительность периода не превышает 27-45 дней. По возможности расчетный период выбирается таким образом, чтобы ни одна работа не выходила за его пределы. Число расчетных периодов K определяется общей продолжительностью напряженного сезона. Если сезон продолжается 180 дней, то длина каждого расчетного периода равна 30 дням, а общее число расчетных периодов не превышает 6. Внутри расчетного промежутка времени число периодов может колебаться, однако произведение их числа на число тракторов не должно превышать 58. Сама продолжительность периода может быть разной - 3-5 -10 дней и т.д.

Решение упрощенной задачи разбивается, таким образом, на K шагов: I шаг - считают МТП на первый расчетный период; 2 шаг - рассчитывают парк на второй расчетный период и т.д. до последнего периода K. Все запланированные работы всякий раз разбиваются на две группы: A и B. В группу A включают работы, выполняемые в данный расчетный период; в группу $Б$ - выполняемые в так называемый "свободный период", который включает в себя $K-1$ расчетных периодов и всю оставшуюся часть года. Распределение всех работ между группами A и $Б$ на каждом шаге меняется.

Пример. Требуется определить оптимальное соотношение между тремя марками тракторов при условии выполнения работ в заданные сроки.

Предположим, нам нужно выполнять работу "погрузка органических удобрений в разбрасыватели" под различные культуры, начиная с апреля по октябрь.

Таблица I

Вид работы	Номер работы	Агротехнические сроки	Объем, т	
Погрузка органических удобрений в разбрасыватели, т	(I)	I5-I7/IУ	I000	
	(2)	20/IУ-8/У	247I0	
	(3)	I0-30/У	9900	5640 / 4260
	(4)	5-7/УI	I000	
	(5)	4-8/УШ	2000	
	(6)	I/IX-I0/X	7000	

Весь промежуток времени (или сезон) у нас разбит на 4 расчетных периода, соответственно, решение всей задачи разбивается последовательно на 4 этапа:

I расчетный период - I апреля - 2I мая ;

2 расчетный период - 22 мая - II июля ;

3 расчетный период - I2 июля - 25 августа ;

4 расчетный период - 26 августа - I2 октября.

В первый расчетный период войдут первая, вторая и частично третья работы с объемами соответственно в I000,247I0 и 5640 т. Оставшиеся работы будут выполняться в свободный период, включающий промежуток времени с I января по 3I марта и с 22 мая по 3I декабря, т.е. весь год за исключением расчетного периода.

Во второй расчетный период войдут третья работа в объеме 4260 т и четвертая в объеме I000 т; оставшиеся работы (I),(2), частично(3)в объеме 5640 т,(5),(6) войдут в свободный период и т.д. по всем типам работ.

Введение "свободного" периода позволяет учесть влияние работ, выполняемых в отдаленные периоды сельскохозяйственного сезона (осень), на структуру МТП избранных периодов (весна, лето), т.е. создает более полную картину работы МТП. В этом случае воедино связывается весь хозяйственный год. В результате на выбор агрегатов, выполняющих весенний комплекс работ, влияют агрегаты, выполняющие работу осенью, хотя "на глаз" это влияние учесть трудно. Продолжительность "свободного периода", как правило, принимается очень большой (I000-3000 дней), чтобы интенсивности применения агрегатов в "свободный период" были достаточно малы и тем самым не оказывали влияния на количественную структуру МТП, которая определяется только избранными периодами.

В результате последовательного расчета в K шагов получается K вариантов решения одной и той же задачи.

Анализ решения показывает, является ли решение окончательным или потребуется еще один шаг для его получения. При анализе могут представиться несколько случаев. Предположим, задача решалась в 2 шага. Рассчитывалось оптимальное соотношение между тремя марками тракторов. На первом шаге количество тракторов первой, второй и третьей марок равно a_1, b_1, c_1 ; на втором - a_2, b_2, c_2,соответственно. Если $a_1 \geqslant a_2, b_1 \geqslant b_2, c_1 \geqslant c_2$, то структура парка принималась по первому шагу, в случае обратных неравенств - по второму. Решение найдено за два шага. В случае,если $a_1 > a_2, b_1 = b_2, c_1 < c_2$ производится перерасчет и делается третий шаг. В качестве решающих периодов на третьем шаге выбира-

ются полученные на первом и втором шагах так называемые "пиковые" периоды, т.е. периоды, определяющие выбор a_1, c_2 и частично b_1 и b_2. При анализе первых шагов важно знать, какие работы оказываются преобладающими в выборе той или иной марки энергомашины.

В нашем примере потребовалось 5 шагов для нахождения оптимального плана комплектования МТП.

Окончательное решение можно проверить, рассчитав задачу распределения полученной техники (энергомашин) по тем же видам работ, т.е. решив описанную выше λ - задачу [8].

Таблица 2

Оптимальная структура МТП

Марка трактора или комбайна	Количество тракторов или комбайнов в оптимальном плане				
	I шаг	2 шаг	3 шаг	4 шаг	5 шаг
ДТ-75	I0,78	9,52	6,65	5,69	9,7I
МТЗ	II,58	II,37	8,82	I3,49	I3,50
Ш-I0I	8,22	5,32	4,0I	I,32	8,22
СКН-4	0,007I7	0,07I7	0,96	0,79	0,96

Помимо структуры, получается график работы всего МТП; на основе этого графика можно рассчитать потребность в сельскохозяйственных машинах, после чего заполняются технологические карты и подсчитываются совокупные затраты на возделывание сельскохозяйственных культур в хозяйстве.

Рассмотренная модель позволяет решать задачу выбора рациональной структуры МТП или его пополнения при условии, если капитальные вложения ограничены и требуется выполнять работы в предельно сжатые сроки. При этом минимизируются приведенные затраты на производство всего комплекса сельскохозяйственных работ. Для этого достаточно знать наиболее рациональные сроки выполнения работ, потери в урожае, вызванные отклонением от этих сроков в ту или иную сторону, размеры "штрафов", вызванные потерями в урожае. "Штрафы" определяются как надбавки к приведенным затратам на выполнение работ агрегатами. Размер надбавки выражается коэффициентом β, определяемым соотношением $\frac{a-a'}{a'}$, где a и a' - урожаи, соответствующие оптимальным и неоптимальным срокам проведения работ; $a-a'$ - разница в урожае в ц/га. Сама надбавка к затратам равняется $c\beta$, где c - приведенные затраты на один га. Необходимо заметить, что фактор потерь в урожайности в зависимости от сроков можно

учесть и в задаче, описанной в начале этой работы. Достаточно ввести $c_j^s(t)$, т.е. зависимость затрат от сроков проведения работ, где $t = t_j^o, t_j^o + 1, \ldots, t_j^1$.

Применение показателей оптимального плана

При решении любой из поставленных выше задач получается система экономических показателей, которые помогают корректировать план в процессе его реализации и при изменении начальных данных. Такая система представляет собою объективно обусловленные оценки сельскохозяйственных работ и тракторов по периодам. Эти оценки определяются из следующих условий. Обозначим через ℓ_j оценки работ, которые включают в себя непосредственные затраты на проведение работ и затраты, связанные с приобретением и содержанием техники в хозяйстве. Через e_{it} обозначим оценки машин по периодам, связанные со стоимостью приобретения машин и затратами по их содержанию в хозяйстве. Пусть вектор $\{\lambda_i : i = \overline{1,m}\}$ - набор машин в хозяйстве. При этом, если $x_{jt}^s \geq 0, j = \overline{1,n}; t = 1,2,\ldots,T$*), то оценки работ определяются из условий:

$$a_j^s \ell_j - \sum_{i=1}^{m} \lambda_{ij}^s e_{it} \leq c_j^s \quad ; \text{ если } x_{jt}^s > 0 \quad , \text{ то}$$

выполняется равенство. Это равенство означает, что в оптимальном плане оценка работы равна полным затратам, связанным с ее выполнением.

Прокатные оценки машин по периодам e_{it} определяются из следующих условий:

1) если $Q_i = 0; z_i = 0; y_i > 0$, т.е. парк комплектуется заново, $\sum_{t=1}^{T} e_{it} = d_i + \alpha c_i$, то оценки машин по периодам равны затратам на их содержание и приобретение;

2) если $z_i > 0$, т.е. часть машин i -ой марки списывается вообще, то $\sum_{t=1}^{T} e_{it} \leq d_i$, т.е. эффект от машины меньше затрат на ее содержание;

3) если $z_i < Q_i$, т.е. часть машин используется, а часть списывается, то $\sum_{t=1}^{T} e_{it} = d_i$, т.е. эффект от эксплуатации машины еще окупает затраты на ее содержание;

4) если $z_i = 0, y_i = 0$, т.е. $Q_i > 0$, то

$$d_i \leq \sum_{t=1}^{T} e_{it} \leq d_i + \alpha c_i .$$

---

*) См. обозначения, введенные на стр. 4

Оценки оптимального плана могут найти широкое применение в планово-экономических расчетах. С их помощью можно оценить эффективность нового агрегата, технологического процесса, определить целесообразность внедрения в производство нового трактора или сельскохозяйственной машины при условии использования их в рациональном плане и границы целесообразности этого внедрения, найти верхний предел цены на новую машину, зная экономический эффект от применения ее в оптимальном плане.

Рассмотрим на упрощенном примере, как определяется верхняя граница цены на новый трактор „А", используемый рационально в плане с некоторым эффектом в пределах какой-то сельскохозяйственной зоны.

Предположим, что нам известны структура посевных площадей, набор сельскохозяйственных машин, цены на сельскохозяйственные машины, эксплуатационные затраты, связанные с производством работ, и другие данные хозяйства определенной зоны.

В этих условиях определены оптимальный план комплектования и использования сельскохозяйственной техники в хозяйстве, график использования машин по периодам, оценки сельскохозяйственных работ и прокатные оценки тракторов по периодам. В таблице 3 даются некоторые оценки работ по периодам.

Оценки работ по периодам

Таблица 3

№ пп	Наименование работ	Единица измерения	Агросроки	Объем работ	Оценки работ в оптимальном плане, рубл.
I.	Снегозадержание	га	январь - февраль	2985I	0,I90
2.	Транспортировка перегноя до 5 км	т/км	январь - февраль	I84250	0,I00
3.	Вспашка пара на 25-27 см	га	26/УI-I/УП	400	2,909
4.	Транспортировка мин. удобрений до 5 км	т/км	28/УI-I0/УП	III45	0,097
5.	Лущение стерни	га	26-28/УП	250	0,354
6.	-"-	га	28/УШ-5/IX	2850	0,447
7.	-"-	га	II-I5/IX	5360	0,62I

продолжение таблицы 3

8.	Вспашка зяби на 25-27 см	га	2-10/IX	1000	4,050
9.	-"-	га	11-20/IX	7545	4,838
10.	-"-	га	21-30/IX	9990	5,032
11.	-"-	га	1-10/X	9816	5,027
12.	Транспортировка скирд до 10 км	т/км	20/X-25/XII	55210	0,329

Для определения экономической эффективности нового трактора „А" необходимо знать технико-экономические показатели использования его на различных работах, а именно: набор машин для выполнения различных работ, производительности и эксплуатационные затраты агрегатов и др.

Таблица 4

Технико-экономические показатели трактора „А"

№ пп	Наименование работ	Состав агрегата	Производительность агрегата за день	Эксплуатационные затраты за день x)
1.	Снегозадержание	СВ-2,6х2	220 га	27,70
2.	Транспортировка перегной до 5 км	1 ПТС-6 МАЗ-5245	890 т/км	19,20
3.	Вспашка пара и зяби на 25-27 см	ППН-8,35	33,5 га	42,66
4.	Лущение стерни	ЛД-20	270 га	36,43
5.	Транспортировка скирд	СТ-4	520 т/км	26,77

Зная оценки работ в оптимальном плане и характеристики нового трактора, можно подсчитать эффективность трактора на различных работах в течение года при условии, что в парк добавляется лишь один трактор „А" (см.табл. 5). При возрастании в парке удельного веса тракторов типа „А" эффективность их использования, по всей вероятности, будет падать.

По данным об эффективности трактора „А" на различных работах в течение года строится годовой график его загрузки, по -

x) Здесь в эксплуатационные затраты не включены амортизационные отчисления и отчисления на текущий ремонт и технические уходы трактора „А" и сельскохозяйственных машин.

могающий использовать его с максимальной загрузкой . В нашем примере получился такой график загрузки трактора „А" (см.табл. 6).

Таблица 5

Эффективность трактора „А" на различных работах в течение года

№ пп	Название работ и календарные сроки выполнения работ в оптимальном плане	Эффективность на работе по оценкам оптимального плана за день ж)	Эксплуатационные затраты за день	Условно-чистая экономия на работе за день (3-4)
I.	Снегозадержание (январь-февраль - 50 дней)	4I,80	27,70	I4,I0
2.	Транспортировка перегноя до 5 км (январь-февраль - 50 дней)	89,00	I9,30	69,70
3.	Транспортировка мин.удобрений до 5 км (2I/IУ-I0/У)	I08,58	I9,30	89,28
4.	Вспашка пара на 25-27 см (26/УI--I/УП)	97,45	42,66	54,79
5.	Транспортировка мин.удобрений до 5 км (28/УI-I0/УП)	86,33	I9,30	67,03
6.	Лущение стерни (28/УШ-5/IX)	I20,69	36,43	84,26
7.	Лущение стерни (II-I5/IX)	I67,67	36,43	I3I,24
8.	Вспашка зяби на 25-27 см (2/IX--I0/IX)	I35,67	42,66	54,76
9.	Вспашка зяби на 25-27 см (II-20/IX)	I62,07	42,66	II9,4I
I0.	Вспашка зяби на 25-27 см (2I-30/IX)	I68,57	42,66	I25,9I
II.	Вспашка зяби на 25-27 см (I-I0/X)	I68,40	42,66	I25,74
I2.	Транспортировка скирд до I0 км-66 дней (20/X-25/XП)	I7I,08	26,77	I44,3I

ж) Эффект трактора на работе за день определяется как произведение его дневной производительности на оценку единицы работы в оптимальном плане.

Таблица 6

График загрузки трактора „А“ на работах в течение года

№ пп	Период	Название работы	"Условно-чистая экономия" трактора „А“ на работах за день, руб.	"Условно-чистая экономия" за период, руб.
I.	январь-февраль (50 дней)	Транспортировка перегноя до 5 км	69,70	3485
2.	2I/IУ-I0/У	Транспортировка мин. удобрений до 5 км	89,28	I785,6
3.	26/УI-27/УI	Вспашка пара на 25-27 см	54,79	I09,58
4.	28/УI-4/УП	Транспортировка мин. удобрений	67,03	469,2I
5.	5-7/УП	Лущение пара на 8-I0см	87,07	26I,2I
6.	II-I9/УП	Транспортировка тюков до I0 км	4I,72	375,48
7.	20-22/УП	Лущение пара второе на 8-I0 см	87,07	26I,2I
8.	25-30/УП	Дискование меж и краев полей	I70,00	I020
9.	I-6/УШ	Перепашка пара на I8-20 см	65,70	394,2
I0.	7-I0/УШ	Вспашка зяби на 25-27 см	54,76	2I9,04
II.	I5-I7/УШ	Дискование меж и краев полей	252,I7	756,5I
I2.	23/УШ-27/УШ	Транспортировка соломы до I0 км	58,5I	292,55
I3.	28/УШ-5/IX	Лущение стерни	59,I5	532,35
I4.	6/IX-I0/X	Лущение стерни	II3,96	569,80
I5.	II-I5/IX	Лущение стерни	I3I,24	656,20
I6.	I6-20/IX	Лущение стерни	I25,03	625,I5
I7.	2I - 30/ IX	Вспашка зяби на 25-27 см	I25,9I	I259,I
I8.	I-I0/X	Вспашка зяби на 25-27 см	I25,74	I257,4
I9.	20/X-25/XП (66 дней)	Транспортировка соломы скирдами до 8 км	I44,3I	9524,46
20.		Итого условно-чистая экономия трактора на всех работах за год		23854,05

Из графика загрузки трактора „А" можно определить систему навесных и прицепных машин, необходимых для проведения соответствующего комплекса работ (см.табл.7) .

Таблица 7

Система машин для трактора „А"

№ пп	Марка сельскохозяйственной машины	Количество в агрегате	Стоимость сельскохоз. машин	отчисления на реновацию	отчисления на текущий ремонт
I.	I-ПТС-6	I	630	89,46	I00,8
2.	МАЗ-5245	I	I450	205,9	232
3.	ЛД-20	I	920	I30,64	I28,8
4.	БД-I0	I	630	89,46	88,2
5.	ППН-8-35	I	7I0	I00,82	I9I,7
6.	СТ-4	I	I850	262,7	296
Итого сельскохозяйственных машин		6	6I90	878,98	I037,5

Эффективность "шлейфа" для трактора „А" при норме 20% составит I238 руб.(6I90х0,2). Имея все эти данные, можно определить теперь ориентировочную стоимость нового трактора „А".

"Условно чистая экономия" трактора „А" при наиболее целесообразном его использовании составляет 23854,05 руб.в год. За счет этой экономии должны оправдываться нормативные затраты на приобретение и содержание "шлейфа" (системы сельскохозяйственных машин для нового трактора „А") при условии высокой эффективности их использования,а также затраты на приобретение и содержание самого трактора „А" при норме эффективности в 20%."Условно-чистая экономия"за вычетом затрат на сельскохозяйственные машины должна равняться ориентировочной стоимости нового трактора.

В нашем примере его ориентировочная стоимость определяется из уравнения:

$$23854{,}05 = X(0{,}20 + 0{,}245 + 0{,}270) + 1238 + 878{,}98 + 1037{,}5,$$

где X - стоимость нового трактора „А";

0,20 - норма эффективности капиталовложений;

0,245 и 0,270 - норма амортизационных отчислений и отчислений на текущий ремонт трактора „А";

I238 - нормативная эффективность сельскохозяйственных машин;

878,98 - отчисления на реновацию;

1037,5 - отчисления на текущий ремонт сельскохозяйственных машин.

Отсюда X = 28950,44 руб.

Верхняя граница цены для нового трактора „А" определяется, следовательно, экономическим эффектом использования его в рациональном плане.

Оценки оптимального плана могут с успехом применяться при анализе и расчете эффективности новых технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур, различных организационных мероприятий и при решении других технико-экономических задач, возникающих в процессе планирования и управления сельскохозяйственным производством.

Литература

1. Л.В.Канторович. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов, Изд.АН СССР, М., 1959.
2. В.А.Булавский. Итеративный метод решения общей задачи линейного программирования.-Сибирский математический журнал, т.Ш, № 3, 1962.
3. Р.А.Звягина. О реализации метода последовательного улучшения плана на ЭВМ для основной задачи производственного планирования (общей задачи линейного программирования).-Материалы конференции по опыту и перспективам применения математических методов и электронных вычислительных машин в планировании. Новосибирск, 1962.
4. П.В.Пушкарева, Л.Ф.Шкредова, Т.Т.Максимова. Применение вычислительных машин для расчета потребности колхозов и совхозов в технике.-Журнал "Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства", № 2, 1963.
5. Т.Т.Максимова. О выборе оптимальной структуры машинно-тракторного парка.-Материалы конференции по опыту и перспективам применения математических методов и электронных вычислительных машин в планировании. Новосибирск, 1964.
6. Инструкция по расчету потребности и оптимального использования сельскохозяйственной техники методами линейного программирования с применением электронных вычислительных машин (проект), Новосибирск, 1964, Институт математики,СибВИМ.
7. Р.А.Звягина. Программа реализации на М-20 модифицированного симплексного метода для решения общей задачи линейного программирования.-Сборник "Оптимальное планирование",выпуск I, программы,Новосибирск,1964.

8. М.А.Яковлева. Программа реализации на М-20 алгорифма решения задачи об оптимальном использовании производственных средств при выполнении нескольких видов работ.-Сборник "Оптимальное планирование", выпуск I, программы, Новосибирск, 1964.