

***Annotation.** The organization of manufacturers of raw materials production for processing grain, milk, meat, vegetables, fruits, etc. is a way to lower prices for finished products and increase profitability of agricultural enterprises, because of their manufacturing process to obtain the finished product is excluded part of the transportation costs and, most importantly, processing of raw materials by other organizations with their significant expenditure.*

***The key words:** processing, product, raw, pastry, corn (grain).*

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗНОНАДЕЖНОГО
ТРАКТОРНОГО ПАРКА
ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ КУЛЬТУРАМ
И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ЗАМЕНЫ
МАШИН С ИСТЕКШИМ СРОКОМ
ЭКСПЛУАТАЦИИ**

***Е. Л. Пучин**, д.т.н., профессор ГОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»*

***Д. В. Лайко**, к.т.н., доцент Новочеркасской государственной мелиоративной академии (НГМА)*

Аннотация. В статье представлена математическая модель распределения сельскохозяйственной техники с разными показателями надежности по сельскохозяйственным культурам и экономический механизм по планированию замены машин с истекшим сроком эксплуатации.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, модель, надежность, эксплуатация, машина.

Повышение надежности машин имеет огромное народнохозяйственное значение. Затраты рабочего времени на замену или восстановление отказавших элементов в процессе эксплуатации велики. Простои, связанные с устранением последствий отказов и неисправностей, сказываются на доходах сельхозпроизводителей [1].

В связи с этим, в условиях эксплуатации тракторного парка с разными показателями надежности, особенно в ответственный период для сельскохозяйственных культур (посевной, поливной периоды и т.п.) возникает такая задача, как распределение техники по полям сельскохозяйственных культур.

Формализованная постановка задачи состоит в следующем: имеется p различных полей $П_1, П_2, \dots, П_n$ и тракторов $М_1, М_2, \dots, М_n$, каждый из которых может выполнять одинаковую технологическую операцию.

Обозначим: i - номер культуры ($i = 1, 2, \dots, n$);

j - номер трактора ($j = 1, 2, \dots, n$).

C_{ij} - частичная потеря дохода по i -ой культуре при использовании j -го трактора вследствие его отказов и ремонта.

$$C = \begin{Bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{12} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{nn} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Требуется так распределить тракторы по культурам, чтобы суммарное снижение дохода Z от их ненадежной работы было минимальным.

Введем переменную X_{ij} следующего вида

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{ый трактор закрепляется за } i\text{ой культурой} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (2)$$

Матрица X представляет собой квадратную матрицу вида:

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{12} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Она состоит из нулей и единиц, причем в каждой строке (столбце) будет стоять только одна единица на пересечении строки (номер культуры) и столбца (номер трактора), если данный трактор закреплен за этой культурой.

Очевидно, что

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1; \sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad (4)$$

где $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$.

Математическая модель рассматриваемой задачи распределения тракторов по сельскохозяйственным культурам имеет следующий вид:

найти такие числа $\{X_{ij}\}$, при которых

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \rightarrow \min \quad (5)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

и условии целочисленности в виде (2).

Ограничивающее условие (6) означает, что каждый трактор обрабатывает одну культуру в рассматриваемом временном интервале, а условие (7) означает, что культура на данной площади обрабатывается только этим трактором.

Данная модель относится к моделям (целочисленного) программирования класса экстремальных комбинатор-

ных задач и является одной из реализаций задачи о назначениях (выборе) [2].

Нахождение X_{ij} для рассмотренной модели может производиться известными методами математического программирования и, в частности, венгерским методом [3]. При этом определение значений элементов матрицы C нами рекомендуется выполнять экспертным путем.

Вместо определения матрицы C возможно задание значений элементов двух векторов:

$\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ - важности сельхозкультур;

$y = (y_1, y_2, y_3)$ - уязвимости сельхозкультур.

Важность i -ой культуры β_i может являться показателем эффекта, характеризующим доход от данной культуры с одинаковой площади при определенной урожайности и цене за единицу массы. Возможно задание важности в относительных величинах.

Под уязвимостью понимается вероятность потери дохода от i -ой культуры вследствие отказов и простоев трактора в ответственный период для сельхозкультуры.

Если допустить, что вероятность потери дохода прямопропорциональна вероятности отказа трактора $\{Q\}$ то критерием распределения тракторов по сельхозкультурам является максимизация суммарного эффекта (дохода) следующего вида:

$$\exists = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot \sum_{j=1}^n Q_j X_{ij} \rightarrow \max \quad (8)$$

Максимизация критерия (8) должна выполняться при тех же ограничениях (2), (6), (7).

Решение о целесообразности проведения мероприятий, направленных на повышение надежности машин или замены машин с истекшим сроком эксплуатации на новые должно проводиться с учетом снижения эффекта Z от кон-

кредитной единицы техники вследствие роста эксплуатационных затрат Z на ремонт машин, таблица 1.

Таблица 1

Зависимость эффекта и затрат на ремонт от времени дальнейшей эксплуатации сельскохозяйственной машины

| Показатели | Время t , в течение которого используется машина, год | | | | | |
|--|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| | $Z(0)$ | $Z(1)$ | $Z(2)$ | $Z(3)$ | $Z(4)$ | $Z(5)$ |
| Эффект $E(t)$ в стоимостном выражении, ден. ед. | | | | | | |
| Затраты на ремонт и техническое обслуживание $Z(t)$, ден.ед | | | | | | |

Требуется составить такой план замены машин в течение пятилетки, при котором общая прибыль за данный период максимальна. Также известна приведенная к сопоставленному виду стоимость новой сельскохозяйственной машины $C_{с.м.}$ (ден.ед.).

Обозначим:

$u_i = u_{uc}$ - принятие решения в начале i -го года о продолжении использования машин;

$u_i = u_z$ - принятие решения в начале i -го года о замене машины на новую.

Математическая модель задачи:

$$\max F(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5) = \max [f(u_1) + f(u_2) + f(u_3) + f(u_4) + f(u_5)],$$

где $f(u_i)$, ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) - прибыль за i -год

$$F_k(t) = \max \begin{cases} E(t) - Z(t) & \text{при } u_i = u_{uc} \\ E(0) - Z(0) - C_{с.м.} & \text{при } u_i = u_z \end{cases} \quad (9)$$

Модель замены машин относится к классу задач программирования с булевыми (логическими) переменными. Целевая функция аддитивна.

Для ее решения может использоваться метод динамического программирования, в котором с помощью уравнения Беллмана последовательно решаются задачи максимизации лишь по одной переменной.

Поскольку рассматриваемая нами задача имеет пять неизвестных, ее решают методом динамического программирования, также она будет иметь пять шагов.

Уравнения Беллмана для k -го шага:

$$f(u_i) = \begin{cases} \Delta(t) - \Delta(t) + F_{k+1}(t + 1) & \text{при } u_i = u_{uc} \\ \Delta(0) - \Delta(0) - C_{c.m.} + F_{k+1}(t + 1) & \text{при } u_i = u_3 \end{cases} \quad (10)$$

где $k = 4, 3, 2, 1$; $F_k(t)$ - максимальная прибыль, начиная с k -го года и до конца периода в зависимости от возраста машины в начале k -го.

Таким образом, процесс полного решения рассматриваемой задачи разворачивается во времени по шагам.

Литература

1. Пучин, Е. А. Надежность технических систем / Е. А. Пучин - М.: УМЦ «Триада», 2005. - 353 с.
2. Справочник по исследованию операций / под ред. В. А. Абчук. - М.: Воениздат, 1979. - 368 с.
3. Зайченко, Ю. П. Исследование операций / Ю. П. Зайченко - М.: изд-во «Вита школа», 1975. - 320 с.

**Distribution of Tractor Park on agricultural crops
and the economic mechanism of replacement cars
with the expired term of operation**

*E. A. Puchin, doctor of technical sciences, professor of
Nizhniy Novgorod State engineering-economic institute*

*D. V. Laiko, candidate of technical sciences, docent
(NGMA)*

***Annotation.** In article the mathematical model of distribution of agricultural machinery with different indicators of reliability on agricultural cultures and the economic mechanism on planning of replacements of cars with the expired term of operation is presented.*

***The key words:** agricultural machinery, model, reliability, operation, the car.*