Из табл. 1 видно, что на 100 комплексов «Полесье–800», необходимо иметь на складе дилерского технического центра по 4 редуктора верхних и нижних вальцев, 2 аппарата измельчающие, 2400 ножей барабана, 4 ускорителя выброса, 5 валов ускорителя выброса, 2 слосопровода, 2 основания силосопровода, 2 устройства доизмельчающие, 10 главных приводов, 2 переключателя длин резки, по 2 редуктора бортовые правые и левые, 120 брусов противорежущих, 5 двигателей Д–280–1S–01, другие запасные части.

Необходимо отметить, что отношение оптимального резерва запасных частей к величине парка комплексов «Полесье–800» с увеличением последнего уменьшается.

**Заключение.** Изложена методика оптимизации резерва составных частей обеспечения работоспособности комплексов для заготовки кормов. Приведены результаты оптимизации резерва составных частей для обеспечения работоспособности комплексов высокопроизводительных кормоуборочных «Полесье–800» (КВК–800).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прабху Н. Методы теории массового обслуживания и управления запасами: Перевод с английского. – М.: Машиностроение, 1989, – 297с.

2. Миклуш В.П., Круглый П.Е. Обеспечение эксплуатационной надежности машинного парка технологических комплексов. – В кн.: Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса с.-х. техники. Материалы международной научно-практической конференции. Минск, БАТУ. – 2005.

*УДК 631.173.4(07)*

# ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

*В.Л. Ситкевич – студент 4 курса БГАТУ*
*Научный руководитель – доцент, к.т.н. П.Е. Круглый*

Наиболее эффективный вид транспорта и организацию перевозок выбирают путем сравнения нескольких вариантов по технико-экономическим показателям, то есть путем их оптимизации. При этом рассчитывают затраты, связанные с капитальными вложениями, содержанием и эксплуатацией внутризаводского транспорта.

Оптимальным считают вариант, при котором приведенные затраты на транспортирование единицы выпускаемой продукции будут минимальными. Задачи оптимизации решают поэтапно. Сначала разрабатываю маршруты движения транспорта и минимизируют их по протяженности холостых пробегов.

Затем выбирают вид подъемно-транспортного оборудования и осуществляют оптимизацию методами линейного программирования, как правило с использованием персональных компьютеров. Это транспортная задача. Транспортная задача, как частный случай общей задачи линейного программирования, может быть поставлена в следующем виде.

Требуется составить такую схему (план) грузоперевозок, при которой будет полностью удовлетворяться спрос на перемещение груза и соблюдаться график перевозок, а затраты на транспортирование выпускаемой продукции С будут минимальными.

Предположим, что на предприятии технического сервиса имеется $m$ подразделений, из которых отправляется груз (пунктов отправления), и n подразделений – пунктов назначения. Заданы размеры отправления (ресурсы) – $a_i$ и прибытия (спрос) – $b_i$ по конкретному пункту в тоннах или других единицах. Известна стоимость перевозки единицы груза от каждого пункта отправления до определенного пункта назначения $c_{ij}$.

План перевозок можно представить таблицей, строки которой соответствуют пунктам отправления, столбцы пунктам назначения (табл. 1). Такие таблицы называются матрицами. С левой стороны проставлены номера пунктов отправления грузов и их ресурсы, то есть количество груза в тоннах или других единицах измерения, подлежащего отправлению с данного пункта. Вверху ставятся номера пунктов назначения и величина их спроса на данный вид груза (в тоннах или других единицах измерения).

В каждом элементе матрицы (клетке) в верхнем левом углу проставляются стоимости перевозки $C_{ij}$, а в правом нижнем - возможные размеры перевозок $X_{ij}$. Затраты на одну перевозку с пункта отправления $i$ на пункт назначения $j$ можно выразить произведением $C_{ij}X_{ij}$. Тогда общие затраты на все перевозки

*Таблица 1*

Матрица плана перевозок

| Пункты отправления и их ресурсы | | Пункты назначения | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | ... | $j$ | ... | $n$ |
| | | Спрос | | | | |
| | | $b_1$ | ... | $b_j$ | ... | $b_n$ |
| 1 | $a_1$ | $C_{11}$<br>$X_{11}$ | ... | $C_{1j}$<br>$X_{1j}$ | ... | $C_{1n}$<br>$X_{1n}$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| $i$ | $a_i$ | $C_{i1}$<br>$X_{i1}$ | ... | $C_{ij}$<br>$X_{ij}$ | ... | $C_{in}$<br>$X_{in}$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| $m$ | $a_m$ | $C_{m1}$<br>$X_{m1}$ | ... | $C_{mj}$<br>$X_{mj}$ | ... | $C_{mn}$<br>$X_{mn}$ |

$$C = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} C_{ij} X_{ij}. \qquad (1)$$

Аргументы $X_{ij}$ этой функции связаны между собой следующим образом. Сумма всех перевозок, расположенных в первой строке матрицы (табл. 1), равна размерам отправлений из пункта 1:

$$X_{11} + X_{12} + \ldots + X_{1j} + \ldots + X_{1n} = a_1. \qquad (2)$$

Аналогичные равенства можно написать и для всех остальных строк. В результате получим систему линейных уравнений:

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = a_i, \qquad (i = 1, 2, \ldots, m). \qquad (3)$$

Сумма всех перевозок, расположенных в первом столбце, равна потребности первого пункта назначения:

$$X_{11} + X_{21} + \ldots + X_{i1} + \ldots + X_{m1} = b_1. \qquad (4)$$

Для всех столбцов это система линейных уравнений:

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = b_j, \qquad (j = 1, 2, \ldots, n). \qquad (5)$$

Кроме того решение задачи имеет смысл при положительных значениях перевозок:

$$X_{ij} \geq 0, \quad (i = 1, 2, \ldots, m; \; j = 1, 2, \ldots, n). \qquad (6)$$

Таким образом, в общем виде транспортная задача линейного программирования формулируется следующим образом: необходимо привести к минимуму линейную функцию

$$C = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} C_{ij} X_{ij} \to \min \qquad (7)$$

с неотрицательными аргументами, связанными системой линейных ограничений

$$\left.\begin{aligned} &\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = a_i, \quad (i = 1, 2, ..., m); \\ &\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = b_j, \quad (j = 1, 2, ..., n); \\ &X_{ij} \ge 0, \quad (i = 1, 2, ..., m; \; j = 1, 2, ..., n). \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Большинство транспортных задач решается из условия обеспечения минимума затрат на перевозку груза. В некоторых случаях встречаются задачи, когда требуется минимизировать общее количество времени на все перевозки. Они решаются точно так же, как обычные, а в качестве показателя $C_{ij}$ берут продолжительность перевозки груза из пункта $i$ в пункт $j$.

Транспортная задача может иметь две формы: замкнутую модель, если общие размеры отправления груза со всех пунктов и прибытия на все пункты назначения равны

$$\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j, \qquad (9)$$

и открытую модель $\sum_{i=1}^{m} a_i \ne \sum_{j=1}^{n} b_j.$ (10)

Открытую модель всегда можно привести к замкнутой, введя фиктивный пункт назначения, когда ресурсы превышают потребности, либо фиктивный пункт отправления если потребности превышают ресурсы.

Для решения транспортных задач разработано несколько методов (алгоритмов). В зависимости от размера матрицы (числа грузоотправителей и грузополучателей) применяют те или иные из них.

Решение транспортной задачи, как правило, состоит из двух этапов: построения исходного или начального плана с использованием определенных методов и примеров; опираясь на начальный план, последовательно однообразными математическими действиями (итерациями) переходят к другому, улучшенному плану, до тех пор, пока не достигнут оптимального решения.

Начальным может быть любой базисный план. Однако время решения задачи зависит от числа итераций, которые необходимо сделать, чтобы прийти к оптимальному плану. Чем лучше начальный план, тем меньше число итераций надо сделать и, следовательно, затратить меньше времени на решение задачи.

Рассмотрим решение транспортной задачи методом наименьшей стоимости. Задан план перевозок в виде матрицы (табл. 2).

В пунктах отправления 1–3 находятся 15, 25 и 30 тонн груза соответственно. Грузополучатели 1–4 требуют соответственно 16, 20, 25 и 9 тонн груза. Стоимости перевозки 1 тонны груза в тыс. рублей из пунктов отправления в пункты потребления показаны в соответствующих клетках матрицы в левом верхнем углу.

Анализ табл. 2 показывает, что при перевозке груза из пункта отправления 2 в пункт назначения 2 (клетка 2.2) стоимость перевозки наименьшая из всех вариантов и составляет 1 тыс. руб. за 1 тонну груза, а перевозка из пункта отправления 3 в пункт назначения 4 является максимальной по стоимости и составляет 23 тыс. руб. за 1 тонну груза (клетка 3.4). При составлении плана необходимо в клетку 2.2 назначить максимально возможное количество перевозок, а в 3.4 – минимально возможные или даже совсем не включать перевозки.

В элемент матрицы (таблица 2) с минимальной стоимостью (клетка 2.2) назначаем максимально возможную перевозку. Для этого сравниваем ресурсы второй строки (25 т) и спрос второго столбца (20 т). Меньшую цифру (20) помещаем в рассматривающую клетку (2.2) и вычитаем из сравниваемых величин. В остатке второго столбца останется нуль (ставим букву *К*), в остатке второй строки – 5.Второй столбец из дальнейшего рассмотрения исключаем, а в оставшихся клетках матрицы ищем следующий элемент с минимальной стоимостью. Им будет клетка 1.3.

Определяем величину перевозки, которую необходимо поместить в клетку 1.3. Для этого сравниваем ресурсы первой строки (15 т) и спрос третьего столбца (25 т). Меньшую цифру (15) помещаем в клетку 1.3 и разность 25 – 15 = 10 записываем в остаток третьего столбца. Первую строку из дальнейшего рассмотрения исключаем, так как ресурсы пункта отправления 1 исчерпаны. В остатке первой строки ставим букву *К*.

*Таблица 2*

Начальный план перевозок – стоимость перевозки, тыс. руб./т

| Пункты отправления и их ресурсы, т | | Пункты назначения и их спрос, т | | | | Остаток |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | | 16 | 20 | 25 | 9 | |
| *1* | *15* | *4* | *11* | *2*<br>*II*<br>*15* | *17* | К |
| 2 | 25 | 12 | 1<br>I<br>20 | 22 | 8<br>III<br>5 | 5<br>*К* |
| 3 | 30 | 21<br>V<br>16 | 19 | 15<br>IV<br>10 | 23<br>VI<br>4 | 20<br>4<br>К |
| Остаток | – | К | К | 10<br>К | 4<br>К | – |

В оставшихся клетках матрицы ищем следующий элемент с минимальной стоимостью. Им будет клетка 2.4. Определяем величину перевозки, которую необходимо назначить в клетку 2.4. Для этого сравниваем остаток ресурсов второй строки (5 т) и спрос четвертого столбца (9 т). Меньшую цифру (5) записываем в клетку 2.4, разность $9 - 5 = 4$ записываем в остаток четвертого столбца. Вторую строку из дальнейшего рассмотрения исключаем, так как ресурсы второго пункта отправления 25 т полностью исчерпаны. В остатке второй строки проставляем букву *К*.

Далее в оставшихся клетках матрицы ищем следующий элемент с минимальной стоимостью перевозки. Это клетка 3.3. Определяем величину перевозки, которую необходимо поместить в клетку 3.3. Сравниваем ресурсы третьей строки (30 т) и неудовлетворенный спрос третьего столбца (10 т). Меньшую цифру (10) записываем в клетку 3.3, а разность $30 - 10 = 20$ заносим в остаток третьей строки. Столбец 3 из дальнейшего рассмотрения исключаем, так как спрос третьего пункта назначения 25 т полностью удовлетворен. В остатке третьего столбца ставим букву *К*.

Следующим элементом матрицы с минимальной стоимостью перевозки будет клетка 3.1. Определяем величину перевозки, которую необходимо назначить в клетку 3.1. Сравниваем остаток ресурсов третьей строки (20 т) со спросом первого столбца (16 т). Меньшую цифру 16 заносим в клетку 3.1, разность 20 – 16 = 4 записываем в остаток строки 3. Столбец 1 из дальнейшего рассмотрения исключаем, так как спрос 1-го пункта назначения 16 т удовлетворен.

В оставшуюся клетку 3.4 назначаем перевозку 4 т. В остатках третьей строки и четвертого столбца записываем букву *К*.

Таким образом, объем перевозок полностью распределен (римскими цифрами обведенными окружностью указана очередность назначения перевозок).Теперь подсчитываем стоимость перевозок по данному плану

$$C = 1x20 + 2x15 + 8x5 + 15x10 + 21x16 + 23x4 = 668 \text{ тыс. руб.}$$

Метод наименьшей стоимости довольно прост и удобен для решения задач при малых размерах матрицы. При больших ее размерах возникают трудности поиска клеток с минимальной стоимостью, что может привести к ошибке, а следовательно, к увеличению числа итераций при построении оптимального плана перевозок.

*УДК 631.22*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ

*В.В. Евсеев – студент 5 курса БГАТУ*
*Научный руководитель – к.э.н., доцент Л.И. Ковалев*

Последние годы характеризуются интенсивным ростом энерговооруженности животноводства, поступлением в сельское хозяйство более сложных, высокопроизводительных машин. Так, в настоящее время система машин для комплексной механизации животноводства содержит свыше 1050 наименований, или по сравнению с 1980 годом количество средств возросло в 1,6 раза. Но технический прогресс в сельскомхозяйстве нельзя сводить только к