

УДК 65.012.122(73)

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ РЕЧНОГО ФЛОТА
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАННОГО ОБЪЕМА ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ**

В.И.Константинов, И.В.Чудновский

Системе водных коммуникаций бассейна большой реки можно поставить в соответствие неориентированный граф (транспортную сеть), вершинами которого будут являться причальные пункты поступления и отправления груза. Два пункта соединяются ребром, если существует судоходный путь, ведущий из одного пункта в другой. План грузоперевозок между пунктами можно рассматривать как числа, заданные на ориентированных рёбрах транспортной сети. Упорядоченная последовательность рёбер есть маршрут. Предполагается, что маршруты делятся на две группы: рейсовые, если на маршруте один пункт погрузки, и линейные, если на маршруте два пункта погрузки. Объем перевозок груза на маршруте (в тыс. тонн) есть сумма перевозок по всем его ориентированным рёбрам. Маршруты составляются на отдельные периоды навигации по основным видам грузов: сухогрузы (с подразделением на лес в судах, зерно, металлы и т.д.), нефть и нефтепродукты, лес в плотах. Для каждого маршрута (рейсового или линейного) определяется коэффициент равномерности перевозок на маршруте. Если маршрут имеет один пункт погрузки или же во втором пункте погрузка незначительна по сравнению с объемом погрузки в первом пункте, то коэффициент равномерности перевозок равен единице. Если же объём погрузки в обоих пунктах на маршруте одинаков, то коэффициент будет равен двум. Фактически большинство линейных маршрутов, используемых в параводствах, имеют неодинаковые объёмы погрузки в пунктах и для них коэффициент равномерности перевозок определяется в пределах от 1,1 до 1,8. Таким образом,

Четвертая группа - ограничения по фонду времени нефтеналивных барж.

Пятая группа - ограничения по тем составам, в которых разные баржи обслуживают разные маршруты, и поэтому необходимо, чтобы выдерживалось определенное соотношение между числом барж, используемых на каждом маршруте.

Шестая группа - ограничения по "блокам-столбцам" (объемы перевозок по каждому маршруту, по периодам навигации).

Переменными задачи, т.е. интенсивностями производственных способов является время работы (в сутках) составов на маршрутах.

Производственный способ описывает состав и нормативы, связанные с работой состава данного вида на маршруте.

Первый ингредиент каждого способа есть суточные эксплуатационные затраты (в руб.) на состав. Они определяются исходя из суточных стоимостей содержания барж и буксировщиков следующим образом.

1. Если в способе используется на маршруте один буксировщик, а время оборота тоннажа одно и то же для всех барж, то суточные эксплуатационные расходы на состав определяются по следующей формуле

$$\mathcal{E} = \frac{t'}{t''} \mathcal{E}' + \mathcal{E}''$$

где

\mathcal{E} - суточные эксплуатационные расходы состава, руб./сутки;

t' - время оборота буксировщика на маршруте, в сутках;

t'' - время оборота тоннажа на маршруте, в сутках;

\mathcal{E}' - суточная себестоимость содержания буксировщика, руб./сутки;

\mathcal{E}'' - суточная себестоимость содержания всех барж, входящих в состав, руб./сутки;

$t' \leq t''$, т.к. технические операции в конечных пунктах (погрузка и разгрузка) для тяги менее продолжительны, чем для тоннажа.

2. Если в способе используется на маршруте (по участкам его) несколько буксировщиков (предположим два), а тоннаж имеет одно и то же время оборота для всех барж, то суточные эксплуатационные расходы на состав будут определяться следующим образом

$$\mathcal{E} = \frac{t'_1}{t''} \mathcal{E}'_1 + \frac{t'_2}{t''} \mathcal{E}'_2 + \mathcal{E}''$$

где

t'_1, t'_2 - время оборота первого и второго буксировщиков

на маршруте, в сутках;
 $\mathcal{E}'_i, \mathcal{E}'_j$ - суточные себестоимости содержания буксировщиков, руб./сутки.

3. Если танкаж имеет разный оборот для различных своих частей (барж), то суточные эксплуатационные расходы определяются отдельно для каждой из частей. То есть сначала определяется доля суточной себестоимости буксировщика, отнесенная на сутки работы всех частей состава, по формуле

$$\mathcal{E}' \cdot \frac{t'}{t''_{max}}$$

где

\mathcal{E}' - суточная себестоимость содержания буксировщика, руб./сутки;

t' - время оборота буксировщика, в сутках;

t''_{max} - время оборота части танкажа, имеющей максимальную продолжительность оборота, в сутках.

Ватем определяются суточные эксплуатационные расходы для каждой из частей танкажа, причём величина $\mathcal{E}' \cdot \frac{t'}{t''_{max}}$ распределяется между частями пропорционально их времени оборота.

Этот расчет использовался для тех составов, которые обслуживают несколько маршрутов.

Следует заметить, что суточная себестоимость содержания тяги в танкаже (для всех видов барж) на маршруте складывается из суточных расходов состава в ходу, на маневрах и на стоянке.

Рассмотрим теперь, как формируются производственные способы для составов различного типа.

Так, например, для составов, используемых при перевозке сухих грузов, производственный способ будет иметь следующий вид:

Наименование	С	428 проект	908 проект	732 проект	...	баржа 1750т.	λ
Компоненты способа	-850	-0,40	-0,30	-0,36	...	-5	0,44

Здесь "С" есть суточные эксплуатационные расходы (-850 $\frac{\text{руб.}}{\text{сутки}}$) для состава

$$(908 + 732) + 428 + 5 \times 1750,$$

т.е. на одном участке маршрута используются в паре буксиры 908¹⁹ и 732¹⁹ проектов, а на другом - буксир 428¹⁹ проекта для

перевозки пяти барж грузоподъемностью в 1750 тонн каждая. Компоненты $-0,4$, $-0,3$ и $-0,36$ есть затраты времени (в сутках) на сутки работы тоннажа в составе, определяемые как отношение времени оборота тяги по участкам её использования к обороту тоннажа грузоподъемностью 5×1750 тонн.

Предположим, что буксировщик 428 $\Gamma\Omega$ проекта имеет на участке его использования оборот 4 суток, а оборот тоннажа на маршруте равен 10 суткам. Тогда затраты на сутки работы буксировщика 428 $\Gamma\Omega$ проекта составят 0,4 суток. Компонента -5 в производственном способе есть затраты времени работы барж, используемых в составе, на сутки работы состава (т.е. пять барж работают в течение одних суток).

$\lambda = 0,44$ есть производительность тоннажа, используемого на маршруте, в тыс. тонн за сутки. λ определяется по следующей формуле

$$\lambda = \frac{2 \cdot Q}{t},$$

где

- 2 - коэффициент равномерности перевозок на маршруте (один и тот же для всех составов, используемых на маршруте);
- Q - загрузка тоннажа на маршруте в какой-либо период навигации,

Так, например, баржа грузоподъемностью 1750 тонн в I^й период навигации имеет загрузку на маршруте 1750 тонн, а во II^й период - 1400 тонн, тогда для тоннажа 5×1750 т. загрузка (Q) будет равна 8500 тонн для I^{го} периода навигации и 7000 тонн для II^{го} периода.

t - время оборота тоннажа на маршруте, в сутках.

Производственный способ по плотоперевозкам имеет следующий вид

Наименования	C	...	732 процент	...	λ
Компоненты способа	-150	...	-1	...	0,26

Эти способы используют только затраты времени буксировщиков.

Типичный способ по нефтеперевозкам имеет такой вид

Наимено- вания	C	...	732 проект	...	баржа 1750т.	λ
Компоне- нты способа	-410	...	-I	...	-I	0,124

В этих способах затраты времени работы буксировщиков на сутки работы тоннажа в составе равны суткам, потому что здесь тяга закреплена за тоннажем.

Для составов, которые обслуживают несколько маршрутов, т.е. перевозят одновременно несколько видов грузов (в принятой классификации грузов), производительность (λ) определяется для той части тоннажа, которая используется на данном маршруте. Предположим, что имеется состав

$$758 + 3 \times 1500 + 1 \times 1000 + 1 \times 200,$$

т.е. буксировщик 758 т проекта перевозит три баржи грузоподъемностью 1500 тонн, один лихтер грузоподъемностью 1000 тонн и одну баржу в 200 тонн. Пусть из этого состава баржи грузоподъемностью 1500 тонн обслуживают какой-то маршрут № 1, а лихтер 1000 тонн и баржа 200 тонн обслуживают маршрут № 2. Тогда работа этого состава будет описываться двумя способами. Первый относится к блоку способов, используемых на маршруте № 1, а второй к блоку способов, используемых на маршруте № 2. Производительность по первому способу подсчитывается для части состава 3×1500 т., а по второму для части состава $1 \times 1000 + 1 \times 200$ т. Каждая часть тоннажа состава имеет свой время оборота, поэтому между интенсивностями двух способов, описывающих работу рассматриваемого состава, должно выдерживаться определенное соотношение.

Действительно, пусть " x_1 " - число суток работы по первому способу на маршруте № 1, " x_2 " - число суток работы по второму способу на маршруте № 2, а " t_1 " и " t_2 ", соответственно, время оборотов частей тоннажа, используемых на маршрутах № 1 и № 2. Тогда для определения необходимого числа составов

$$758 + 3 \times 1500 + 1 \times 1000 + 1 \times 200$$

должно выдерживаться следующее соотношение

$$\frac{x_1}{t_1} = \frac{x_2}{t_2},$$

т.е. потребное число $\frac{x_1}{t_1}$ частей (3×1500) должно равняться потребному числу частей ($1 \times 1000 + 1 \times 200$), равному $\frac{x_2}{t_2}$.

По рассмотренной выше модели был рассчитана задача определения потребного флота и оптимальных составов для выполнения плана перевозок по Обскому пароходству на I период навигации 1970 г. Задача включает 161 ограничение и около 550 способов. Решалась задача на ЭВМ по программе, составленной Р.А.Звягиной [2].

Расчёты показали, что имеющегося в пароходстве флота достаточно для выполнения плана перевозок, причем полученная в оптимальном плане экономия по эксплуатационным расходам в сравнении с фактическими затратами на I период навигации составляет около 800 тыс. руб. Эта экономия достигается за счёт более обоснованного подбора составов на маршрутах при условии соблюдения графика перевозок.

Авторы приносят благодарность М.А.Колотовой за помощь, оказанную в проведении расчетов.

Л и т е р а т у р а

1. В.М.Савин. Оптимальное планирование использования флота. "Речной флот", 1960, № 11.
2. Р.А.Звягина. Программа реализации на М-20 модифицированного симплекс-метода с узкоблочной матрицей. Сб. "Оптимальное планирование," Новосибирск, 1966, № 4, стр.63-125.

Поступила в редакцию
10.7. 1970 г.