



УДК 656.62: 65.012.122

И.А. Синицына, студентка ФГОУ ВО «ВГУВТ»

Ю.Н. Уртминцев, профессор, доктор технических наук, ФГОУ ВО «ВГУВТ»

Нижегород, ул. Нестерова 5.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ФЛОТА

Ключевые слова: водный транспорт, экономика-математическая модель, оперативное планирование, оптимизационные задачи.

В последние годы задача планирования и управления работой флота значительно усложнилась. Наиболее успешно она может быть решена на основе методов математического программирования. Разработан методический подход к формированию экономико-математической модели оптимального оперативного планирования работы флота. Особое внимание уделено автоматизированному формированию исходных данных модели.

Введение. Одним из важнейших разделов эксплуатационной науки является исследование проблемы совершенствования оперативного планирования работы флота. Начиная с середины 60-х годов, а это время появления вычислительной техники и математических методов оптимизации, основной акцент в исследованиях был сделан на автоматизацию процесса планирования и разработку методов поиска оптимальных решений [1]. При этом, несмотря на достигнутые в последние десятилетия общие успехи в области информатизации управленческой деятельности на речном транспорте, процесс оперативного планирования по-прежнему осуществляется менеджерами (диспетчерами) судоходных компаний «вручную» на основе рассмотрения и анализа крайне ограниченного количества возможных решений.

Одной из основных причин этого является то, что для применения классических методов оптимизации нужны технико-экономические характеристики всех теоретически возможных вариантов использования каждого судна, что в условиях дефицита времени сделать очень сложно [2]. Разработанный авторами методический подход позволяет автоматизировать подготовку исходных данных.

1. *Постановка задачи.* На начало планового периода (декада, месяц) имеются заявки грузоотправителей на подачу флота. В заявках указаны требуемые сроки (диапазон времени) подачи судов в конкретные порты под определенные грузы с указанием количества груза (позиции заявки).

Судоходная компания располагает определенным количеством судов, которые могут быть использованы для удовлетворения заявок грузоотправителей. Дислокация судов на начало планового периода известна.

Требуется определить план подачи судов под загрузку, обеспечивающий выполнение всех заявок грузоотправителей и максимальную эффективность работы флота.

Исходные данные:

K – множество грузопотоков ($k \in K, k = 1 \div N$);

Z_k – множество заявок на k -ом грузопотоке в плановом периоде ($z \in Z_k$, $z = 1 \div n_k$);

I – множество судов, которые подлежат распределению по назначениям в плановом периоде ($i \in I$);

G_{kz} – объем предъявленного к перевозке груза на k -ом грузопотоке по z -ой заявке;

Q_{ik} – норма загрузки i -го судна при работе на k -ом грузопотоке;

$t_{гrik}$ – время груженого рейса i -го судна на k -ом грузопотоке;

$t_{пор irk}$ – время порожнего рейса i -го судна при переходе с r -го грузопотока на k -й; ($r \in K, k \in K$)

$T_{\min kz}, T_{\max kz}$ – позиция z -ой заявки на k -ом грузопотоке (лейдейс, канцелинг);

$r_i, T_{осв i0}$ – начальная дислокация i -го судна. Задается наименованием (признаком) грузопотока (r_i), на котором используется судно на момент начала планового периода и временем завершения текущего оборота ($T_{осв i0}$).

$C_{гrik}$ – расходы по i -му судну за один груженный рейс на k -ом грузопотоке;

$C_{пор irk}$ – расходы по i -му судну за один порожний рейс при переходе с r -го грузопотока на k -й;

$C_{сти}$ – суточные расходы по i -му судну во время стоянки в ожидании вхождения в позицию;

d_k – фрахтовая (тарифная) ставка на k -ом грузопотоке, руб./т [3].

2. Алгоритм формирования вариантов работы судна на плановый период

На основании представленных выше данных («первичные исходные данные») расчетным путем формируются варианты использования флота и определяются технико-экономические характеристики этих вариантов («вторичные исходные данные»). Совокупность возможных вариантов работы формируется для каждого судна.

Обозначим:

l – номер последовательно совершаемого судном оборота в пределах планового периода;

J_i – множество вариантов работы i -го судна в плановом периоде.

Алгоритм формирования вариантов включает следующие пункты:

1. Намечаются варианты возможных назначений судна в очередном (l -м) обороте после завершения текущего. В качестве вариантов рассматриваются все возможные грузопотоки (каждое значение K), на которые может быть направлено судно, и все заявки на каждом из них (каждое значение Z_k).

Число вариантов использования судна в одном обороте равно $N \cdot n_k$. Общее число рассматриваемых вариантов использования судна в плановом периоде составит $N \cdot n_k \cdot L$, где L – число оборотов, совершаемых судном в плановом периоде.

2. Производится поочередно выбор и рассмотрение одного из сформированных для l -го оборота вариантов назначений судна.
3. Для рассматриваемого варианта назначения судна определяются технологические характеристики в следующей последовательности.

3.1. Прогноз времени подачи судна в порт погрузки:

$$T_{\text{под } il} = T_{\text{осв } i(l-1)} + t_{\text{пор } irk}$$

3.2. Проверка соответствия момента подачи судна в порт погрузки позиции заявки:

если $T_{\text{под } il} \leq T_{\max kz}$, то данное судно, потенциально, может обеспечить удовлетворение рассматриваемой заявки, и переход к п.3.3 алгоритма; иначе – не может, и переход к п. 3.8.

3.3 Определение времени ожидания судном вхождения в позицию заявки:

$$t_{ож\ ikz} = 0, \text{ если } T_{min\ kz} \leq T_{под\ il} \leq T_{max\ kz},$$

$$t_{ож\ ikz} = T_{min\ kz} - T_{под\ il}, \text{ если } T_{min\ kz} > T_{под\ il}$$

3.4 Проверка на не превышение допустимого времени ожидания судном вхождения в позицию заявки:

если $t_{ож\ ikz} \leq t_{ож}^H$, то в рассматриваемом варианте судно назначается на k -й грузопоток и Z_k заявку, очередной оборот становится текущим, а признаку соответствия момента подачи судна позиции заявки присваивается значение «единица» ($\lambda_{ikz} = 1$), и переход к п. 3.5; если нет, - то не назначается ($\lambda_{ikz} = 0$), и переход к п. 3.9.

3.5. Фиксация времени ожидания судном вхождения в позицию заявки в текущем обороте:

$$t_{ож\ il} = t_{ож\ ikz}$$

3.6. Прогноз времени освобождения судна после завершения текущего оборота:

$$T_{осв\ il} = T_{под\ il} + t_{ож\ il} + t_{гр\ ik}$$

3.7. Определение расходов на порожний переход в текущем обороте:

$$\mathcal{E}_{пор\ il} = C_{пор\ irk}$$

3.8. Проверка возможности дальнейшего использования судна в рассматриваемом плановом периоде:

если $T_{осв\ il} \geq \max_{k,z} \{T_{max\ kz}\}$, то судно не имеет далее возможности участвовать в освоении заявок, и переход к п. 3.11, если нет – то судно имеет такую возможность, и переход к п.3.9

3.9. Проверка: все ли варианты назначения судна в l -м обороте рассмотрены? Если да, то переход к п. 3.10, если нет, то к п.2.

3.10. Переход к рассмотрению последующего оборота судна, т.е. $l = l+1$, и переход к п.1, при этом грузопоток текущего оборота принимается в качестве начального, т.е. $r = k$.

3.11. Включение варианта в совокупность вариантов, учитываемых в оптимизационной модели, и присвоение ему номера (j)

3.12. Расчет технико-экономических характеристик варианта работы судна

- число груженых рейсов на каждом грузопотоке

$$n_{гр\ ikj} = \sum_z \lambda_{ikz};$$

- количество перевозимого груза на каждом грузопотоке:

$$G_{пер\ ikj} = n_{гр\ ikj} * Q_{ik};$$

- эксплуатационные расходы по флоту за время груженых рейсов:

$$\mathcal{E}_{гр\ ij} = \sum_k n_{гр\ ik} * C_{гр\ ik};$$

- эксплуатационные расходы по флоту за время порожних рейсов:

$$\mathcal{E}_{пор\ ij} = \sum_l \mathcal{E}_{пор\ il};$$

- время ожидания вхождения в позицию:

$$t_{ож\ ij} = \sum_j t_{ож\ ij}$$

- эксплуатационные расходы по флоту за время ожидания вхождения в позицию:

$$\mathcal{E}_{ож\ ij} = C_{ст\ i} t_{ож\ ij}$$

- общие эксплуатационные расходы по флоту по варианту (за время груженых и порожних рейсов):

$$\mathcal{E}_{ij} = \mathcal{E}_{гр\ ij} + \mathcal{E}_{пор\ ij} + \mathcal{E}_{ож\ ij}$$

- доходы от перевозки :

$$D_{ij} = G_{kz} * d_k$$

- прибыль от перевозок :

$$\Pi_{ij} = D_{ij} - \Theta_{ij}$$

4. Расчет числа вариантов работы судна для использования в экономико-математической модели:

$$m_i = \max \{j_i\}.$$

3. Экономико-математическая модель обоснования оптимального плана распределения судов по заявкам

Функция цели – максимум прибыли от перевозок (или минимум совокупных затрат):

$$\sum_{i,j} \Pi_{ij} * X_{ij} \rightarrow \max$$

Ограничения:

- заявки на перевозку на всех грузопотоках должны быть выполнены:

$$\sum_{i,j} X_{ij} * G_{пер\ i\ k} = \sum_z G_{kz} \text{ для всех } k;$$

- каждое судно может быть использовано только по одному варианту назначений:

$$\sum_j X_{ij} = 1 \text{ для всех } i;$$

- переменные целочисленные и могут принимать значения 1 или 0:

$$X_{ij} = 1 \text{ или } 0 \text{ для всех } i \text{ и } j$$

Решение такой модели может быть выполнено с помощью сервиса «Поиск решения» электронных таблиц Excel или программного комплекса Matcad.

Авторами проведена экспериментальная проверка предложенного метода на базе группы нефтеналивных судов компании «В.Ф.Танкер» с использованием программных ресурсов Excel. В дальнейшем планируется разработка прикладного программного продукта, позволяющего сделать работу с ним максимально удобной для пользователя.

Заключение. Повышение эффективности работы флота требует, наряду с обновлением его материально – технической базы, совершенствования методов планирования и управления транспортным процессом. Большую роль при этом в современных условиях играет оперативное планирование. При этом методы разработки оперативных планов использования грузовых судов, несмотря на произошедшую в последние два десятилетия информатизацию управленческого труда, практически остались на уровне прошлого века. Предложенный методический подход, по мнению авторов, может быть использован при разработке АРМа «Оперативное планирование работы флота».

Список литературы:

- [1] Савин В.И. Оптимизация работы флота. М., «Транспорт», 1974, 200 с (Труды ЦНИИЭВТа, вып 110)
- [2] Пьяных С.М. Оптимальное планирование работы флота. Труды ГИИВТа, вып 146. Издание ГИИВТа, Горький, 1975.
- [3] <http://vftanker.ru>

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELS FLEET OPERATIONAL PLANNING WORK

I.A.SINITSYNA, J.N.URTMINTSEV

Keywords: *water transport, economic and mathematical model, operational planning, optimization problems.*

In recent years, the task of planning and management of the fleet is significantly complicated the work. Most successfully it can be solved on the basis of mathematical programming methods. A methodical approach to formation of optimum operational fleet planning is economic-mathematical model.