

УДК 656.073:330.4

**Нюркина Элла Евгеньевна<sup>1</sup>**, к.т.н., доцент, директор института экономики, управления и права  
e-mail: niurkina.ee@vsuwt.ru

<sup>1</sup>Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАНА ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

*Аннотация.* В статье рассмотрена проблематика применения экономико-математического моделирования в работе судоходных компаний и других предприятий речного транспорта при разработке навигационного плана перевозок грузов. Модель позволит сформировать увязку грузопотоков прямого и обратного направлений с учетом месторасположения транспортно-складских комплексов и получить оптимальные схемы движения грузов на основе методов аналитического моделирования.

*Ключевые слова:* речной флот, грузопотоки, транспортные системы, экономико-математическое моделирование, навигационное планирование, модель, судоходные компании, себестоимость перевозок.

Транспортные системы – это ядро всех сфер деятельности современной экономики и общества, связующее звено. Совершенствование их функционирования является неотъемлемой задачей современности, особенно в период глобальной цифровизации для развития и совершенствования экономики в целом и качества жизни населения. Это достигается за счет решения совокупности взаимосвязанных задач, в частности, моделирования транспортных потоков с применением технологий искусственного интеллекта и «big data», в том числе, за счет применения методов оптимизации.

Для расчета оптимального плана перевозок грузов следует установить взаимосвязь между численными значениями и закономерностями изменения различных факторов, связанных с использованием транспортных систем, тем самым определив целевую функцию.

Решение задач оптимизации транспортных систем позволит [1]:

- определить модель, которая позволит сформировать увязку грузопотоков прямого и обратного направлений с учетом месторасположения транспортно-складских комплексов;
- разработать оптимальный график движения партий грузов по критерию эффективности;
- получать оптимальные схемы движения грузов на основе методов аналитического моделирования;
- получить расчетным путем требуемые мощности элементов, входящих в единую транспортную систему.

Все эти задачи имеют практическое применение, в том числе очень актуальны и на речном транспорте.

Возможность использования экономико-математических методов и моделей в планировании и управлении имеется, так как есть много областей деятельности, в которых

роль оптимизации очевидна. Но их фактическое внедрение на практике связано с такими трудностями, как:

- транспортные процессы динамически изменяются во времени;
- математические модели требуется «встраивать» в существующую систему планирования и управления как отдельные элементы;
- сотрудники организаций зачастую просто «не готовы» к применению математического моделирования и т.п., так как требуется их дополнительное обучение навыкам работы с готовыми пакетами программ, позволяющими реализовывать модели.

Применение методов математического моделирования для решения транспортных задач и в экономике в целом имеет следующие особенности:

- при модельном исследовании необходимо сохранить целостность системы, иначе может потеряться смысл решаемой задачи;
- отсутствие полностью однородных объектов, что порождает разработку не универсальных моделей, а нацеленных на конкретные задачи;
- динамическое изменение изучаемых экономических объектов во времени требует периодической «поднастройки» моделей;
- большую поправку с типовые модели вносит наличие факторов случайности и неопределенности.

Например, для любой судоходной компании остро встает задача, а сколько и какого флота требуется подготовить к навигации? В связи с этим с помощью аппарата математического моделирования потребуется получить диапазон допустимых решений, а не однозначное решение, чтобы можно было оперативно дать ответ по фактической расстановке флота на те или иные участки работы в сложившихся условиях. Именно с помощью ЭММ таких альтернативных вариантов можно получить множество. Наличие модели позволит проводить эти расчеты в случае возникновения потребности, затрачивая на это минимальное время по технологии, описанной нами в [2, 3].

Коэффициенты матрицы для решения задачи заполняются значениями провозной способности флота на перевозках. Исходные данные для решения такой задачи должны быть представлены в форме, изображенной на рис. 1:

		Провозная способность					
		Тип флота	Линия 1	Линия 2	Линия 3		
Линия 1	АД-ГА	1565	72,48	93,30	148,84		
Линия 2	БГ-ВА	576	56,73	68,47	73,17		
Линия 3	БД	5596	36,22	45,91	40,19		
			470	580	250	суммарный объем перевозок на линии	
			470	580	250		
		Ф налич	Расстановка типов судов по линиям			Неизвестные	Резерв флота
	7		0,22	5,10	1,68	7	0,00
	8		8,00	0,00	0,00	8	0,00
	7		0,00	2,27	0,00	2,27	4,73
		Себестоимость перевозок			Функция цели по себестоимости		
		3,15    2,29    0,50			50,11951		
		3,30    2,60    1,20					
		6,34    4,62    2,94					
		эксплуатационные расходы			Функция цели по расходам		
		228,59    213,30    74,03			3243,84		
		187,35    178,22    87,80					
		229,67    212,16    118,22					

Рисунок 1 – Структура данных и общий вид модели решения задачи распределения ресурсов судов по участкам работы

Как показано в модели, описанной нами в [2, 3], в качестве варьируемых переменных задается объем перевозок на каждом грузопотоке. Он складывается из гарантированной и переменной части.

На гарантированную часть уже заключены договора, а переменная часть перевозок – это:

- возникающие из-за влияния факторов случайности и неопределенности во всех процессах в экономике и производстве отклонения от договорных обязательств (их можно спрогнозировать на основе данных о работе за ряд лет);
- грузопотоки, которые могут появляться в течение навигации и работу с которыми судоходная компания может определить с помощью постоянно проводимых маркетинговых исследований;
- спонтанно возникшие грузопотоки, которые судоходная компания могла бы рассматривать в качестве потенциальной работы, если хватает ресурсов флота на их освоение.

Получить численное решение поставленной задачи можно с помощью программы Microsoft Excel, используя надстройку Поиск решения.

В результате решения этой ЭММ, общее описание которой приведено в [3], получено значение резерва единиц флота судоходных компаний. Именно этот флот мог бы быть использован на дополнительных грузопотоках, возникающих в течение эксплуатационного периода по различным причинам, указанным выше. При реализации ЭММ можно «поиграть» переменной частью перевозок и задаваться значениями в диапазоне от 3% до 50% увеличения от заданного договорного объема. Тем самым мы будем получать различный показатель резерва флота и делать обоснованные выводы о дальнейшей работе судоходной компании.

Дополнительно вводимое ограничение по фактическим ресурсам флота – это как раз тот рычаг, который позволяет принять правильное управленческое решение, сделав обоснованный вывод о том, сколько единиц флота надо будет вводить в эксплуатацию, а сколько можно оставить в резерве. Себестоимость содержания каждой единицы флота порой обходится судоходной компании в значительную денежную сумму. При этом необходимо иметь в виду следующее: избыточный резерв флота приводит к снижению прибыли компании, а возможно и ее полной потери. А недостаток флота - это штрафы за срыв заключенных уже договоров на перевозки. Поэтому, как говорится, приходится из двух зол выбирать меньшее.

В качестве метода для решения задачи навигационного планирования расстановки флота по участкам работы целесообразно использовать параметрическое программирование, а именно в данном случае – приближенный метод абсолютного приоритета, механизм реализации которого для такой задачи была рассмотрен в [1,4]. Он обладает простым механизмом вычисления плана перевозок и получением результата, близкого к оптимальному. В результате расчетов получим план, на основе которого можно сделать рекомендации по оптимальному использованию флота в случае уменьшения или увеличения фактических объемов перевозок по сравнению с плановыми (гарантированными). И этот план остается устойчивым.

Другой возможной задачей применения ЭММ для планирования работы судоходной компании – это задача привязки грузопотоков прямого и обратного направлений таким образом, чтобы обеспечить минимальные порожние пробеги при формировании привязки грузопотоков прямых и обратных направлений (рис.2).



3. Нюркина, Э.Е. Экономико-математическое моделирование работы транспортных систем на примере речного флота / Э.Е. Нюркина, О.С. Нюркин // XIII Прохоровские чтения «Водный транспорт: проблемы возрождения» сборник статей участников Тринадцатых Прохоровских чтений. 2018  
Издательство: Издательство "Автор" – С.144 – 149.

4. Пьяных, С. М. Экономико-математические методы оптимального планирования работы речного транспорта / С.М. Пьяных. - М.: Транспорт, 1988.

5. Савин, В. И. Математические методы оптимального планирования работы флота и портов / В.И. Савин. - М.: Транспорт, 1969.

## **APPLICATION OF ELEMENTS OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING IN THE DEVELOPMENT OF A CARGO TRANSPORTATION PLAN**

Ella E. Niurkina

*Abstract.* The article considers the problems of applying economic and mathematical modeling in the work of shipping companies and other river transport enterprises when developing a navigation plan for cargo transportation. The model will make it possible to form a link between the cargo flows of the forward and reverse directions, taking into account the location of transport and warehouse complexes, and to obtain optimal cargo traffic patterns based on analytical modeling methods.

*Keywords:* river fleet, cargo flows, transport systems, economic and mathematical modeling, navigation planning, model, shipping companies, cost of transportation.