

УДК 656.13: 681.3

UDC 656.13: 681.3

**ПРИНЦИПЫ И МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ**

**PRINCIPLES AND MODEL OF FORMATION OF THE STRUCTURE OF MATHEMATICS SUPPLY OF A LAND TRANSPORT MANAGEMENT ENTERPRISES**

Черкасов Олег Николаевич  
д.т.н., главный специалист  
*Закрытое акционерное общество «Лот»,  
Воронеж, Россия*

Cherkasov Oleg Nikolaevich  
Dr.Sci.Tech., chief specialist  
*Closed Joint Stock 'Lot' company, Voronezh, Russia*

В статье рассматриваются теоретические основы построения структуры математического обеспечения управления автотранспортными предприятиями. Предлагаются критерии реализуемости технологических операций. Формулируется задача выбора автотранспортных средств и их оптимального распределения по технологическим операциям

The article deals with the theoretical basis for building the structure of a mathematics supply of unified software and hardware complex of a land transport management enterprises. It proposes the criteria for realizability of manufacturing operations. We formulate the problem of the choice of vehicles and their optimal allocation of process operations

Ключевые слова: МОДЕЛЬ, АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ, УПРАВЛЕНИЕ АВТОТРАНСПОРТНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Keywords: MODEL, ROAD TRANSPORT, LAND TRANSPORT MANAGEMENT

Современные экономические условия обуславливают необходимость постоянного повышения качества услуг, оказываемых автотранспортными предприятиями (АТП). Непрерывная конкуренция на постоянно растущем рынке автомобильных перевозок заставляет АТП постоянно развиваться, сокращая затраты в бизнес-процессах.

Эффективное управление является одним из главных факторов, определяющим работу предприятий, их рентабельность и конкурентоспособность. Процесс управления – это последовательность принимаемых решений в реальном времени. Они обеспечивают своевременную и адекватную реакцию на изменяющиеся внутреннюю ситуацию и внешние условия с целью обеспечения максимально эффективного функционирования предприятий, организаций, учреждений.

Выработка оптимальных решений – сложный процесс, который требует от специалистов-управленцев высокого профессионализма, опыта и интуиции. Во многих случаях выбор правильного решения чрезвычайно затруднен ввиду слишком большого числа факторов, влияющих на данное

решение. Кроме того, быстро меняющаяся обстановка также накладывает ограничения по времени на процесс принимаемого решения. Оно должно быть максимально оперативным. В такой ситуации даже самые опытные специалисты не всегда в состоянии принять оперативное наиболее оптимальное решение. С течением времени поиск этого решения становится все более затруднен, как, как растут требования потребителей, появляются новые технологии и машины, изменяется ситуация на рынке. Поэтому все более актуальной становится задача внедрения автоматизированных систем управления, которые призваны помочь специалистам принимать наиболее эффективные решения, обеспечить гибкость и оперативность в управлении предприятием.

Одним из путей повышения конкурентоспособности является повышение качества перевозочного процесса при помощи новых информационных технологий и программно-технических средств. Скорость и эффективность получения и обработки данных о постоянно меняющихся условиях транспортного процесса в сочетании с рациональным использованием перевозочных ресурсов является ключевым фактором, влияющим на эффективность автоперевозок. Успешное функционирование АТП во многом обусловлено эффективностью анализа поступающих данных, быстрого принятия оптимальных решений и оперативного контроля над соотношением заявок на перевозку и транспортными ресурсами.

Информационное объединение различных территориально удаленных подразделений АТП обеспечивает высокую координацию их работы, заключающуюся в распределении клиентских заявок между подразделениями, своевременного оказания технической помощи, формировании единого информационного пространства. Автоматизированные системы управления автотранспортными предприятиями (АСУ АТП) объединяют отдельные подразделения в

информационно-технологический комплекс, обеспечивающий непрерывный учет ресурсов и обязательств, контроль и анализ состояния перевозочного процесса в режиме реального времени. Это многократно повышает эффективность работы АТП.

Создание программно-технического комплекса управления АТП, как мощного унифицированного инструмента для решения этих задач, является одной из основных задач комплексной автоматизации АТП. Составной частью такого инструмента является разработка математического обеспечения.

Анализ существующего положения и проблем разработки АСУ АТП позволил выявить задачи, решение которых позволяет построить и внедрить эффективно функционирующие системы управления. Достижение этой актуальной цели требует решения целого ряда взаимосвязанных (по вертикали и горизонтали) достаточно сложных вопросов, решение которых целесообразно проводить в следующей последовательности [1, 4, 6]:

- разработка теории и методологии построения АСУ АТП;
- разработка и обоснование принципов экономического обеспечения АСУ АТП;
- построение и исследование имитационной модели оптимального управления технологическими процессами АТП;
- разработка моделей алгоритмов и программ для ЭВМ оптимизационных задач АСУ АТП;
- испытание АСУ АТП в производственных условиях с целью рекомендации как типовой для проектирования новых объектов отрасли;
- оценка экономического эффекта от внедрения системы.

При реализации различных процессов, связанных с моделированием функционирования АТП, необходимость в выборе и распределении

автотранспортных средств (АТС) по технологическим операциям (ТО) возникает, как правило, на этапах структурного и параметрического синтеза системы – когда лицу, принимающему решение (ЛПР) в соответствии с определенными целями системы и требуется осуществить выбор качественного и количественного состава элементов данного объекта. Вместе с тем известно, что указанные этапы являются важнейшими элементами любого процесса моделирования, так как от качества их выполнения во многом зависит эффективность функционирования будущей системы. Это заставляет ЛПР при решении транспортной задачи (ТЗ) в рамках моделирования системы перевозок отыскивать не просто приемлемые, а оптимальные решения. Получать же такие решения, учитывая сложность исследуемого процесса, он может только с помощью эффективных средств автоматизированного поиска вариантов, базирующихся на новейших достижениях компьютерной технологии и современных методах вычисления, а также их практической реализации [6].

Исключительное многообразие практических ситуаций, определяемых спецификой изучаемого явления или объекта, требует рассмотрения различных моделей выбора и распределения АТС на основе учета содержательных механизмов взаимодействия АТП с внешней средой. Это и определило в рамках общей ТЗ выделения ряда самостоятельных действий, определяемых условиями функционирования АТП. Например, условия замещения АТС, рыночных отношений с заказчиками и др. Чтобы избежать возможного разночтения по поводу назначения рассматриваемой нами общей транспортной модели, мы не будем касаться иерархии решения некоторых ТЗ, условимся считать, что данная оптимизационная модель решает одну ТЗ.

Для выяснения сути проблемы выбора и распределения АТС по ТО АТП, сформулируем упрощенную математическую постановку такой

задачи. Пусть для АТП реализации совокупности  $I = \{1, 2, \dots, i, \dots, n\}$  технологических операций по перевозке грузов, необходимо выбрать и распределить АТС на эти операции. Каждому виду ТС из множества  $J = \{1, 2, \dots, j, \dots, m\}$ , соответствует его грузоподъемность  $d_j, j = \overline{1, m}$ . Обозначим через  $d = \|d_{ij}\|, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$  матрицу, характеризующую непосредственное решение задачи выбора и распределения АТС. Под выбором отдельного  $j$ -го АТС здесь понимается, что соответствующее ему  $d_j > 0$ . Напротив, если  $d_j = 0$ , то это АТС не будет выбрано. Для характеристики качества реализации ТЗ используем целевую функцию  $Q(d)$ , которая стремится к минимуму. Набор требований по распределению АТС по ТО выразим через множество ограничений  $F : f_k(x) \leq 0, k = \overline{1, K}$ . В этом случае задачу выбора и распределения  $m$  неоднородных АТС между  $n$  технологическими операциями АТП можно сформулировать следующим образом:

$$\begin{aligned} Q(d) &\rightarrow \min, \\ f(d) &\leq 0, k = \overline{1, K}, d = \|d_{ij}\| \quad (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}) \end{aligned} \quad (1)$$

Рассматривая это выражение с системных позиций, роль решения ТЗ будет определяться необходимостью выделения для ТО некоторых видов АТС, которые потребуются АТП для достижения поставленных перед ним целей. Функции же этих задач будут связаны с таким формированием матрицы  $d$ , чтобы при этом выполнялись все ограничения  $F$  и полученное решение было оптимальным.

В качестве концептуального принципа управления ТО АТП на всех этапах их жизненного цикла предлагается использовать сетевой график, построенный на основе оптимального решения модели (1). В качестве

объекта управления будем рассматривать коллектив исполнителей, располагающий определенными ресурсами и выполняющий комплекс конкретных ТО [6]. График, построенный на основе сетевой модели с привязкой к календарным срокам в наглядной форме отражает процесс выполнения комплекса мероприятий и его конечные цели, являясь рабочим инструментом в руках исполнителей.

Для формирования структуры математического и алгоритмического обеспечения АСУ АТП воспользуемся логистическим подходом [3]. Реализуемость ТО в заданный срок на всех этапах их жизненного цикла является наиболее важным критерием эффективности управления АТП. Проблема реализуемости равнозначно оценивается в ряду таких важнейших факторов эффективного управления систем и объектов, как надежность, работоспособность, стоимость.

Реализуемость – свойство разрабатываемой системы (объекта), позволяющее провести все ее (его) ТО в заданный срок с соблюдением всех установленных технико-экономических показателей (параметров) и заданных ограничений поиска оптимальных решений. Реализуемость определим несколькими показателями, которые могут носить вероятностный характер. Для количественных оценок и определения порядка (важности) показателей реализуемости ТО АТП обычно применяют метод экспертных оценок [2].

Точность и достоверность результатов зависят от правильной организации и проведения опроса экспертов, корректного составления анкет и инструкций по их заполнению. Определение компетенции экспертов проводилось по методу «самооценки». Знание вопроса поверхностно оценивалось в 2 балла, удовлетворительно – 3 балла, хорошо – 4 балла, очень хорошо – 5 баллов. Дополнительно проводили оценку компетентности, основанную на характеристике, данной одним экспертом другому. Экспертные оценки, полученные от 28 специалистов различных

служб по профилю АТП, имели относительную согласованность мнений 0,7–0,8, что является достаточным [2].

Количественная оценка критерия реализуемости  $P = f(P_1, P_2, \dots, P_n)$  вычислялась по формуле

$$P = \sum_{i=1}^n \alpha_i k_i,$$

где  $\alpha_i$  – коэффициент важности показателя реализуемости  $P_i$ ;

$k_i$  – количественная оценка  $\alpha_i$ , т.е.  $\alpha_i k_i = P_i$ .

В результате коллективных экспертных оценок установлены показатели реализуемости  $P_i$ , их оценочные баллы  $k_i$  и весовые коэффициенты  $\alpha_i$ . В таблице 1 представлены наиболее значимые показатели реализуемости, их количественные оценки, удельный вес, что позволяет определить по формуле количественную оценку реализуемости исследуемого варианта ТО АТП.

Таблица 1 – Показатели реализуемости ТО АТП

№ п/п	Показатель	$k_i$	$\alpha_i$
1	Наличие необходимых транспортных средств и возможность их своевременного использования	0,85	0,9
2	Наличие у заказчика материальных ресурсов и возможность их использования по назначению	0,95	1,0
3	Возможность завершения в срок подготовительных работ	0,75	0,75
4	Возможность сопряжения разрабатываемой и имеющейся АСУ (или ее части), решающей аналогичную задачу	0,6	0,7
5	Наличие подготовленных кадров или возможность их своевременного обучения	0,6	0,7
6	Условия, обеспечивающие нормальную эксплуатацию технических средств	0,5	0,65
7	Наличие средств контроля хода реализации ТО	0,45	0,6

Анализ показателей реализуемости  $P_i$  позволил заключить, что величины (в баллах) оценочных характеристик находятся в обратно пропорциональной зависимости от фактора времени  $T_i$ .

Следовательно,  $P_i = 1/T_i$ , что позволяет в качестве управляющих переменных взять  $T_{ij}$  при  $T_i \rightarrow \min$  и получить оптимальные с точки зрения реализуемости и эффективности варианты ТО АТП.

Теперь проведем формализацию модели проведения ТО АТП, выбор критериев и ограничений. Данная задача относится к числу многокритериальных задач [3], т.е. таких, у которых оптимальное решение выбирается при одновременном использовании нескольких критериев. В нашем случае (выбор АТС на проведение конкретной ТО АТП) такими критериями являются:  $q_1$  – работоспособность АТС;  $q_2$  – надежность его работы;  $q_3$  – суммарные затраты на проведение ТО;  $q_4$  – возможность реализации ТО (реализуемость в требуемый срок);  $q_5$  – эффективность функционирования АТС.

Анализируя каждый из выявленных критериев и их взаимосвязь, исследуя граничные условия задачи, можно сделать следующий вывод: целесообразно один наиболее важный критерий подвергнуть оптимизации. Таким критерием является эффективность транспортной системы  $q_5$ , а все остальные критерии вывести в разряд ограничений. При этом в качестве управляющей переменной берут  $P = f(P_1, P_2, \dots, P_n)$  или  $P_i = 1/T_i$ . Тогда модель оптимизации выбора АТС на проведение ТО АТП будет выражена следующей моделью:

$$T_{\zeta} \geq \sum_{i=1}^1 T_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots,$$
$$q_1 \geq q_{1\zeta}, \quad q_2 \geq q_{2\zeta}, \quad q_3 \geq q_{3\zeta}, \quad (2)$$



$$q_4 = \sum_{j=1}^3 \alpha_j q_j \rightarrow \max,$$

где  $T_3$  – заданный срок проведения всех ТО;

$\sum_{i=1}^l T_i$  – суммарное время выполнения всех мероприятий, необходимых

на проведение ТО АТП;

$q_1, q_{1c}$  – искомая и заданная работоспособность АТС;

$q_2, q_{2c}$  – искомая и требуемая надежность транспортной системы;

$q_3, q_{3c}$  – искомые и допустимые (предельные) затраты на проведение ТО;

$q_5$  – эффективность функционирования транспортной системы;

$\alpha_j$  – коэффициент удельных весов показателей эффективности.

Решение (2) считается оптимальным, если в процессе минимизации  $T_i$  достигается максимальная эффективность функционирования транспортной системы при соблюдении ограничений, приведенных выше.

Для решения задачи необходимы данные, хранящаяся в базе данных (БД) системы управления АТП. Вычисления производят следующим образом. Каждому шагу оптимизации  $i$  из таблиц БД выбирают значение  $T_i$ , согласно которому находят  $P_i$ .

Затем с помощью таблиц нормативно-справочной информации БД находят  $q_1, q_2, q_3$  по каждому шагу оптимизации. При этом соблюдаются по каждому шагу неравенства  $q_1 \geq q_{1c}, q_2 \geq q_{2c}, q_3 \geq q_{3c}$ .

Таким образом, получают на каждом шаге оптимизации оценки по всем критериям. По формуле (2) определяют для каждого шага оптимизации  $q_{5i}$  – эффективность транспортной системы. Выбирают

$$q_{5\max} = q_{5i}$$

Таким образом, первый этап предлагаемого подхода завершается выбором ТО, которую можно реализовать в требуемый срок. Однако спроектировать структуру транспортной системы даже с учетом критерия реализуемости еще не значит иметь готовую систему управления АТП на практике.

Поэтому на следующем этапе необходимо разработать модели оптимального планирования технологических операций автотранспортного предприятия.

#### Литература

1. Аникеев, Е.А. Системы MRP/ERP и их значение в решении задач управления АТП / Е.А. Аникеев, О.Н. Черкасов // Моделирование систем и информационные технологии. Ч. 2: межвуз. сб. науч. тр. / Научная книга. – Воронеж, 2006.– Вып. 1. – С. 3-8.
2. Китаев, Н. Н. Групповые экспертные оценки / Н. Н. Китаев. – М.: Знание, 1985. – 64 с.
3. Курганов, В. М. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок товаров: учебно-практическое пособие / В. М. Курганов. – М.: Книжный мир, 2005. – 432 с.
4. Межов, В.Е. Модель пассажирских транспортных потоков / В.Е. Межов, О.Н. Черкасов // Управление в социальных и экономических системах: межвуз. сб. науч. тр. / Воронеж. гос. технич. ун-т. – Воронеж, 2002. - С. 36-37.
5. Норенков, И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологий / И.П. Норенков, П.К. Кузмик; МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М., 2002. – 320 с.
6. Черкасов, О.Н. Декомпозиция задач принятия решений в информационной среде управления предприятием / О.Н. Черкасов, Г.Е. Ковалев, Ю.К. Фортинский // Интеллектуальные информационные системы: тр. всерос. конф./ Воронеж. гос. технич. ун-т. – Воронеж, 2005. – С. 71 – 77.