

УДК 658: 62.001.57

К.О. ЗАПАДНЯ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина***МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ
ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

Предложен подход для планирования и управления транспортными средствами в задачах обслуживания распределенных технологических комплексов (РТК). Разработаны имитационные модели, позволяющие решать транспортную задачу в различных постановках, с учетом задаваемых критериев и ограничений, связанных со спецификой обслуживания РТК.

транспортная логистика распределенных технологических комплексов, имитационная модель транспортного обслуживания, «числовые волны» транспортных средств

Введение

Бизнес-процессы, связанные с транспортной логистикой в распределенных технологических комплексах (РТК), требуют поиска рациональных транспортных маршрутов для обслуживания основных технологических модулей (ОТМ), которые могут находиться на значительном расстоянии от баз обслуживания (БО), на которых находятся расходные материалы, оснастка, технологическое оборудование и т.д. Классические методы расчета маршрутов движения (например, алгоритм Дейкстры [1]) не позволяют учесть условия и ограничения, связанные с многопунктовой системой обслуживания, разнообразием транспортных средств (ТС), габаритами грузов, условиями синхронизации транспортных средств в случае движения колонн и т.д. Поэтому в работе предлагается новый метод, который расширяет возможности предложенной модели в работе [2]. Метод основан на имитационном моделировании [3], которое используется в качестве основы предложенного оригинального алгоритма [2].

Постановка задачи. Для поиска рациональных маршрутов необходимо учесть следующие требования менеджеров транспортной логистики РТК, планирующих расписание ТС на ближайший период времени (сутки, неделя, декада, месяц).

1. План обслуживания транспортных средств привязывается к плану работы основного оборудо-

вания таким образом, чтобы на начало выполнения основных технологических операций РТК, соответствующие материалы, оснастка и оборудование находились в зоне ОТМ.

2. В качестве критериев эффективности работы транспортной системы обслуживания (ТСО) используются два критерия: время движения ТС и стоимость перевозок (СП), которая зависит от используемых типов ТС, их крейсерской скорости движения v_j , потребляемых горюче-смазочных материалов, простоя ТС, ремонтных работ, стоимости платных дорог и т.д. Поэтому критерий СП с учетом j -го ТС можно представить в виде:

$$СП_j = \sum_i (q_{ij} + p_{ij} + s_{ij} + l_{ij} + \dots),$$

где q_{ij} , p_{ij} , s_{ij} – стоимости потребляемых горюче-смазочных материалов, усредненного простоя j -го средства и усредненная стоимость ремонта j -го ТС на 1 км пути соответственно; l_{ij} – стоимость одного километра проезда j -го ТС по платной дороге (зависит от категории дорог и выбранного транспортного оператора).

Суммарное значение $СП_j$ вырабатывается в ходе имитационного моделирования маршрутов движения j -го ТС в заданной транспортной сети ТСО. Поэтому для расчета стоимости перевозок СП всех ТС, участвующих в выполнении плана транспортного обслуживания на ближайший период $СП = \sum_j СП_j$,

где расчет транспортных маршрутов обслуживания РТК осуществляется в ходе решения многопунктовой задачи поиска рациональных маршрутов движения ТС, с помощью предложенной модели [2], одновременно имитирующей все транспортные перевозки на ближайший планируемый период времени.

3. Возможны следующие постановки задачи транспортного обслуживания РТК с учетом бизнес-процессов транспортной логистики.

3.1. Обеспечить своевременное, без задержек, транспортное обслуживание РТК, с учетом ограничений на стоимость перевозок:

$$\Delta T_j = T_{\partial j} - T_{\phi j} \geq 0, \quad j = \overline{1, M}, \quad СП_{\phi} < СП_3,$$

где $T_{\partial j}$ – директивный срок приезда j -го транспортного средства в заданный ОТМ, который соответствует плановому сроку начала работы основного технологического оборудования; $T_{\phi j}$ – фактический (рассчитываемый) срок приезда j -го транспортного средства, полученный путем имитационного моделирования; M – количество ТС, участвующих в ТСО на ближайший планируемый период работы РТК; $СП_{\phi}$ – фактическая стоимость перевозок; $СП_3$ – задаваемая (допустимая) стоимость перевозок.

3.2. Минимизировать транспортные расходы в ближайший планируемый период работы РТК с учетом ограничений на время транспортного обслуживания:

$$\min СП_{\phi}; \quad СП_{\phi} \leq СП_3;$$

$$T_{\phi j} - T_{\partial j} \leq T_{o_j}, \quad j = \overline{1, M},$$

где T_{o_j} – допустимое запаздывание j -го транспортного средства, которое не приводит к срыву плана графика работы основного технологического оборудования РТК.

3.3. Обеспечить решение компромиссной задачи, минимизирующей стоимость перевозок и время движения ТС с учетом ограничений на стоимость и время транспортного обслуживания:

$$\min T_{\phi j}, СП_{\phi j}; \quad T_{\phi j} - T_{\partial j} \leq T_{o_j}; \quad СП_{\phi} \leq СП_3.$$

Метод решения

Рассмотрим подробнее метод решения, который основан на развитии предложенной имитационной модели в работе [2], для каждого варианта постановки задачи транспортного обслуживания РТК. Для этого менеджер перевозок первоначально формирует транспортную сеть РТК в виде ненаправленного графа $G_{ТСО}$ транспортных дорог, транспортных узлов и узлов, в которых расположены ОТМ и базы (БХ) с хранимыми материалами, инструментом, оснасткой и технологическим оборудованием. Задаются исходные узлы R_m , в которых находятся j -е ТС. Далее, исходя из заданных план-графиков работы основного оборудования РТК, определяются директивные сроки приезда $T_{\partial j}$ транспортных средств в отдельные ОТМ. Формируется база данных (БД), в которой находятся все характеристики ТС ($v_j, q_{ij}, p_{ij}, s_{ij}, l_{ij} \dots$) и характеристики дорог транспортной сети в виде расстояний между транспортными узлами и узлами, в которых расположены БХ. Далее диспетчер, исходя из своего опыта и состояния ТС, определяет начальные сроки T_{nj} движения j -х используемых ТС из R_m узлов.

После этого включается механизм имитационного моделирования [2]. С помощью «числовых волн» осуществляется распространение (движение) ТС по транспортной сети РТК, до тех пор, пока все задействованные в плане перевозок ТС не попадут в соответствующие конечные узлы.

При этом с помощью условий гибели и отсекания нерациональных маршрутов [2] получаем рациональные маршруты для решения задачи 3.1. Для решения задачи 3.2 предлагается следующая модификация разработанного алгоритма [2]:

1. Параллельно с ведением системного времени T_S имитационной модели осуществляется расчет накопленных значений $СП_j$ для каждого транспортного средства, участвующего в плане перевозок.

2. В качестве условий гибели и отсечения нерациональных маршрутов используются не значения T_s , а накопленные значения $СП_j$ для каждого транспортного узла, через который проходит j -е транспортное средство в виде «числовой волны».

3. В знаниеориентированной структуре имитационной модели вводятся слоты, в которых накапливаются значения $СП_j$ в ходе имитационного моделирования и которые используются для проверок на гибель и отсечение нерациональных маршрутов.

Для решения задачи 3.3 введен следующий компромиссный критерий для каждого j -го транспортного средства, участвующего в плане перевозок:

$$K_j = \alpha_1 \hat{T}_j + \alpha_2 \hat{СП}_j,$$

где $\hat{T}_j = T_j / T_{\partial_j}$; $\hat{СП}_j = СП_j / СП_3$; α_1 – значимость (вес) критерия времени перевозок ($0 < \alpha_1 < 1$); α_2 – значимость (вес) критерия стоимости перевозок ($0 < \alpha_2 < 1$), $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$.

Значения α_1 и α_2 задаются менеджером транспортных перевозок для каждого ТС.

Имитационное моделирование в этом случае осуществляется с учетом следующих изменений:

1. В ходе моделирования накапливается значение K_j для каждого транспортного средства, участвующего в плане перевозок.

2. Для отсечения нерациональных маршрутов используются накопленные значения K_j для каждого транспортного узла, через который проходит j -е транспортное средство в виде «числовой волны».

3. Во фреймовой модели структуры имитационной модели введены слоты, в которых накапливаются значения K_j и которые используются для проверок на гибель и отсечение нерациональных маршрутов.

Расчет с помощью предложенной имитационной модели осуществляется многовариантно и итеративно путем изменения начальных сроков движения транспортных средств T_{n_j} из исходных узлов ТСО.

При этом необходимо учитывать состояние ТСО, начальное состояние ТС, которого зависит от того, ТС находится в состоянии готовности или ремонта

или занято выполнением предыдущего плана перевозок. Для использования ТС необходимо затратить время на передвижение ТС из узла, где оно находится, в узел, из которого необходимо начать движение (база с материалами и оборудованием).

Благодаря многовариантному расчету на имитационной модели транспортного обслуживания РТК выбираются рациональные маршруты движения транспортных средств в зависимости от постановок транспортных задач 3.1, 3.2, 3.3.

Заключение

Предложенный подход позволяет решить задачу транспортной логистики в сложных распределенных технологических комплексах, исходя из типовых постановок задач и критериев оценки, используемых в бизнес-процессах транспортного обслуживания менеджерами и диспетчерами управления ТС. Эффективность предлагаемого подхода связана с использованием оригинальной имитационной модели, в которой с помощью «числовых волн» осуществляется поиск рациональных маршрутов движения, накопление и расчет значений критериев эффективности в зависимости от предложенных постановок задач (3.1, 3.2, 3.3) транспортного обслуживания РТК.

Литература

1. Филипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей. – М.: Мир, 1989. – 496 с.
2. Прохоров А.В., Западня К.О. Планирование и управление транспортными перевозками в распределенных технологических комплексах // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – № 3. – С.61-64.
3. Кудрявцев Е.М. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 317 с.

Поступила в редакцию 24.01.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.