

линии и расчете основных нормативов технической эксплуатации (периодичности ТО-1 и ТО-2, удельные трудоемкости ТР, пробеги до капитального ремонта и списания и др.), а также режимов труда водителей и их зарплаты.

В данном исследовании излагается универсальная технология определения сложности маршрута движения транспортных средств для любого предприятия общественного пассажирского транспорта. Объектом исследования являлась городская транспортная маршрутная автобусная и троллейбусная система г. Гомеля.

В качестве базисного метода оценки сложности маршрута использовался алгоритмический. Сущность данного метода заключается в разложении рабочего процесса на качественно различные элементарные составляющие. Для каждого троллейбусного маршрута г. Гомеля была составлена схема маршрута с указанием остановок и их особенностей, поворотов, подъемов, спусков, светофоров, и т.д.

Алгоритмический метод не учитывает такой важный фактор, как средняя скорость по маршруту, наполняемость, интенсивность движения и связанную с ним возрастающую проблему «пробок». По данным счетчиков электроэнергии на троллейбусах за 2012 и 2013 гг. для всех типов троллейбусов определяли фактический расход электроэнергии по маршрутам и среднюю эксплуатационную скорость.

Поскольку каждый критерий оценивания маршрута имеет различный смысл и его значение определяется с различной размерностью, а также в связи с тем, что критерии трудно сравнивать друг с другом даже в случае, когда они одного типа, была использована операция нормировка. В итоге все компоненты вектора критериев имели одинаковый тип (в данном случае требовали максимизации) и изменялись в одном и том же диапазоне их значений  $[0,1]$ . Данный подход привел к возможности их сравнения.

Для определения показателей эффективности обобщенного критерия оценивания различных методов была выполнена «свертка» вектора к скаляру с помощью вектора весовых коэффициентов важности ( $1 \geq \delta_i \geq 0$ ), причем сумма коэффициентов важности равна единице. Показатель эффективности обобщенного критерия сложности маршрута

$$W = \delta_1 Y_{\text{сложность}}^* + \delta_2 Y_{\text{расход}}^* + \delta_3 Y_{\text{скорость}}^*$$

где  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  – весовые значения компонентов вектора важности для сложности маршрута, расхода электроэнергии и эксплуатационной скорости.

Нами были рассмотрены различные приоритеты, основанные на мнении экспертов и на основании экономической оценки влияния каждого критерия. Полученные результаты могут быть использованы для количественной классификации маршрутов по категориям сложности.

Предложенная методика ориентирована на комплексную оценку сложности работы водителей на маршруте. Комплексность оценки обеспечивается расчётом «обобщенного критерия», являющегося показателем мультипликативного типа (учитывающего следующие факторы: эксплуатационную скорость, протяженность маршрута, количество остановок, количество поворотов, перестроений, временем обратного рейса, профилем дорог, наполняемостью салона, косвенно учитывающий «пробки» и состояния дорог).

Практическая ценность заключается в разработке методики оперативного корректирования основных нормативов технической эксплуатации с учетом сложности маршрута движения городского транспорта.

УДК 656.2

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ЧИСЕЛ В РАСЧЕТЕ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ

А. П. БАДЕЦКИЙ

*Петербургский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

При расчете плана формирования поездов следует учитывать переменный характер основных расчетных параметров – затрат на накопление составов поездов  $ct$ , экономии от проследования вагонами технической станции без переработки  $T_{\text{эк}}$  и вагонопотоков  $U$ . Несмотря на то, что средние

значения сами по себе представляют наиболее вероятное число в определенном диапазоне, они совершенно не характеризуют динамику колебаний вагонопотоков в любой расчетный период (месяц, квартал, год), которая достаточно высока. Обычно неравномерность вагонопотоков моделировалась с использованием нормального закона распределения случайной величины, но недавние исследования, проведенные на кафедре «Управление эксплуатационной работой» ПГУПС, показали, что далеко не всегда колебания вагонопотоков подчиняются законам распределения случайной величины. Как следствие, применение такого подхода для их моделирования может совершенно не отражать фактические изменения.

Для моделирования неравномерности вагонопотоков можно применить математический аппарат теории нечетких множеств. Тогда выразить колебания вагонопотоков можно с помощью нечетких чисел треугольного вида  $U=(u_1, u_2, u_3)$ . Здесь  $u_2$  соответствует наиболее ожидаемому в исследуемом диапазоне значению, а  $u_1$  и  $u_3$  – нижней и верхней границам колебаний вагонопотока. Функция принадлежности этого числа может быть задана на основе статистических данных о фактических колебаниях вагонопотоков за прошлый период следующей аналитической формулой:

$$\mu_A(u) = \begin{cases} 0, u \leq u_1 \\ \left( \frac{u - u_1}{u_2 - u_1} \right), u_1 \leq u \leq u_2 \\ \left( \frac{u_3 - u}{u_3 - u_2} \right), u_2 \leq u \leq u_3 \\ 0, u \geq u_3 \end{cases},$$

где границы задаются по следующим правилам:

$$u_1 = \frac{p(\bar{u})u_{\min} - p(u_{\min})\bar{u}}{p(\bar{u}) - p(u_{\min})};$$

$$u_3 = \frac{p(\bar{u})u_{\max} - p(u_{\max})\bar{u}}{p(\bar{u}) - p(u_{\max})},$$

где  $\bar{u}$  – среднее значение вагонопотока;  $u_{\max}$  – максимальный вагонопоток рассматриваемого периода;  $u_{\min}$  – минимальный вагонопоток рассматриваемого периода;  $p(\bar{u})$ ,  $p(u_{\max})$ ,  $p(u_{\min})$  – вероятности попадания вагонопотока в интервалы, содержащие среднее, максимальное и минимальное значения вагонопотока соответственно.

После определения границ колебаний вагонопотоков можно оценить соответствующие им диапазоны изменений затрат на накопление составов поездов как нечеткое число, каждая из границ которого определяется согласно Инструктивным указаниям по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» следующим образом:

$$cm = 12 \cdot \left( 1 - \frac{Bm_p \sqrt{U_i}}{(3,1 + 0,014U_i)km_i} \right) \cdot m,$$

где  $B$  – коэффициент, зависящий от допустимых колебаний количества вагонов в составах рассматриваемого назначения. для среднесетевых условий  $B = 0,5$  для сквозных и участковых поездов;  $m_p$ ,  $m_i$  – нормативная длина составов, соответственно, расформировываемых на станции поездов и формируемых на  $i$ -е назначение;  $U_i$  – вагонопоток рассматриваемого назначения;  $k$  – количество назначений, формируемых станцией.

Экономия от проследования вагонами технической станции без переработки  $T_{эк}$  можно определить в зависимости от колебаний объемов переработки станции по приведенному в Инструктивных указаниях графику.

Тогда, с учетом переменного характера расчетных параметров общее достаточное условие выделения струи вагонопотока в назначение плана формирования можно записать в виде:

$$(cm_1, cm_2, cm_3) \leq (t_{эк1}^{\min}, t_{эк2}^{\min}, t_{эк3}^{\min}) \cdot (u_1, u_2, u_3).$$

Расчет по данной формуле позволяет определить три категории струй вагонопотока:

- 1 Струя вагонопотока безусловно удовлетворяет условию выделения;
- 2 Струя вагонопотока безусловно не удовлетворяет условию выделения;
- 3 Струя вагонопотока частично удовлетворяет или частично не удовлетворяет условию выделения.

Здесь термин «безусловно удовлетворяет/не удовлетворяет» подразумевает под собой, что даже с учетом переменного характера вагонопотока и расчетных параметров струю вагонопотока выгодно выделять/не выделять в назначение плана формирования. Термин «частично удовлетворяет/не удовлетворяет» подразумевает под собой, что с учетом колебаний струя может выделиться в назначение плана формирования, или наоборот, ослабнуть до объединения с другими струями. Для нахождения вариантов корректировок струй третьей категории разработан специальный алгоритм на основе подхода Беллмана-Заде, позволяющий находить оптимальное решение в условиях «нечеткости» ситуации. Определение вариантов корректировок позволяет определять структуру вариантов плана формирования в расчетный период.

В заключение стоит отметить, что данный подход может также использоваться и в задачах расчета плана формирования как целочисленного линейного программирования, которые можно свести к задачам нечеткого математического программирования.

УДК 624.4.014.76

## УПРАВЛЕНИЕ ВАГОННЫМИ ПАРКАМИ КОМПАНИЙ-ОПЕРАТОРОВ ПРИ НЕФТЕПЕРЕВОЗКАХ

Д. С. БЕЛЬНИЦКИЙ

*Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского,  
Российская Федерация*

Л. В. СОЛОВЬЁВА

*Московский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Нефтепродукты являются основным грузом, отправляемым со станций Куйбышевской железной дороги (более 52 % от общего грузооборота). Если в транспортировке светлых нефтепродуктов высока доля трубопроводной системы и автомобильного транспорта, то тяжелые нефтепродукты (мазуты, битумы и пр.) перевозятся исключительно по железной дороге и речным транспортом.

С целью увеличения объема перевозок нефтепродуктов необходимо координировать работу частных перевозчиков. Для координации работы всех частных перевозчиков, а также регулирования работы вагонных парков различных собственников необходим централизованный подход – создание логистического центра координации работы компаний-операторов (ЛЦ КРКО).

Создание ЛЦ КРКО позволит сократить потери железной дороги, связанные с неприемом портами вагонов, упущенную выгоду от невозможности осуществлять другие, порой более доходные перевозки.

Куйбышевская железная дорога имеет свою специфику – более половины отправляемых с ее станций грузов являются наливными – сырая нефть и продукты ее переработки – мазут, дизельное топливо, бензин и т.д. Помимо этого, как правило, цистерны определенных собственников продолжительное время курсируют только на определенных, конкретных направлениях для обеспечения вывоза нефтегрузов по определенному контракту, что необходимо учитывать при определении экономического эффекта от создания ЛЦ КРКО.

На базе крупных компаний по нефтедобыче функционируют компании-операторы, созданные для удовлетворения потребностей в перевозке собственных грузов. Это объясняется тем, что в период нестабильной экономики трейдеры и грузовладельцы стремятся иметь свой подвижной состав – автомобили, вагоны, локомотивы, речные и морские суда, перегрузочное оборудование, складские ёмкости, причалы и т.д., то есть все необходимые элементы инфраструктуры для обеспечения эффективного функционирования системы доставки товаров, сырья, комплектующих и т.д., а также эффективного управления цепями поставок.