

УДК 656

*В. С. МОГИЛА, кандидат технических наук, С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, В. Н. ГАЛУШКО, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СЛОЖНОСТИ ДЛЯ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ МАРШРУТНОЙ СИСТЕМЫ

Приведен расчет обобщенного критерия сложности троллейбусных маршрутов. Данный критерий дополняет алгоритмический метод расчета сложности маршрута за счет учета средней скорости и фактического расхода электроэнергии по маршрутам. Полученные результаты могут быть использованы для оперативного корректирования основных нормативов технической эксплуатации с учетом сложности маршрута движения городского транспорта.

**В** данном исследовании излагается универсальная технология определения сложности маршрута любого предприятия общественного пассажирского транспорта. Целью реализации технологии является получение данных по показателю сложности маршрутов для использования его в принятии управленческих решений, повышении эффективности технической эксплуатации городского пассажирского транспорта общественного пользования за счет объективного учета индивидуальных особенностей, условий эксплуатации на маршруте транспортных средств при оперативной корректировке основных нормативов технической эксплуатации. Объектом исследования являлась городская транспортная маршрутная автобусная и троллейбусная система г. Гомеля.

Существует ряд особенностей в организации труда водителей пассажирского транспорта общественного пользования:

– основная работа водителей протекает вне предприятия, поэтому и ее результаты в значительной степени зависят от инициативы водителей;

– на результаты деятельности общественного транспорта предприятий во многом влияют внешние факторы (состояние дорог, климатические условия, интенсивность движения транспорта на протяжении маршрута и др.), из-за которых возможны изменения в видах и объемах работ водителей;

– из-за того, что работа водителей протекает в отрыве от производственного коллектива, на открытом воздухе и связана с воздействием на него изменяющихся метеорологических факторов, зависящих от климатической зоны, времени года, условий погоды, повышается значимость влияния субъективных факторов на результаты деятельности водителя и безопасность движения;

– на водителя воздействует два вида нагрузок – физическая и нервно-эмоциональная.

Исследованиями МАДИ (ГТУ РФ) установлено, что условия эксплуатации и тип маршрута существенно влияют на целый ряд технико-эксплуатационных показателей работы, в частности, расход топлива автобусом или электроэнергией троллейбусом, ресурс шин, потери линейного времени, напряженность труда водителей, выбросы вредных веществ в отработавших газах и т. д. [1].

Существенное различие маршрутов движения городских маршрутных транспортных средств (ГМТС) требует индивидуального подхода при планировании и организации работы транспортных средств на 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.

При решении вопросов индивидуального учета и анализа работы транспортных средств необходимо использовать программно-целевой и системный подходы, рассматривающие ГМТС во взаимодействии с условиями эксплуатации как многофакторную систему, анализ связей которой необходимо осуществлять современными математическими методами.

Анализ состояния вопроса показал, что для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1 Расширить число факторов, характеризующих сложность маршрута движения и определяющих реализацию их технико-эксплуатационных свойств в эксплуатации.

2 Разработать математические модели параметра сложности маршрута.

3 Разработать методику определения сложности маршрутов движения городских маршрутных транспортных средств.

Использование методов алгоритмического анализа на городском маршрутном транспорте является более научно обоснованным способом, чем применение коэффициента тяжести, и менее трудоёмким, чем использованием физиологических методов. В то же время нормирование и оплата труда водителей с учетом сложности маршрутов способствует существенному улучшению работы пассажирского транспорта общественного пользования [1] и, следовательно, повышению качества транспортного обслуживания населения. Для решения этой задачи необходимо проведение аттестации маршрутов с отражением показателей сложности в паспортах маршрутов.

В качестве базисного метода оценки сложности маршрута использовался алгоритмический [1, 2]. 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. Для определения сложности маршрута были выделены транспортные ситуации, которые характеризуют данный маршрут. В перечень ти-

повых ситуаций на маршруте входят: остановочные пункты с «карманом» и без «кармана»; перегоны; светофоры при движении прямо, повороте направо, налево; поворот направо без светофора без остановки (по главной дороге) и с остановкой на повороте (по второстепенной дороге); перестроения; железнодорожные переезды, плавный поворот направо или налево; движение по кольцевому перекрестку; спуски, подъемы.

Оценка деятельности водителей с точки зрения степени сложности процессов управления транспортными средствами различных типоразмеров и характера маршрутов движения должна быть комплексной, учитывать конструкцию органов управления транспортным средством и условия движения на маршруте. Водитель во время работы выполняет большое количество действий, причём внешне они довольно просты и сводятся к нажатию педалей, перемещению рычагов, включению и выключению тумблеров, повороту рулевого колеса. Все эти действия проводятся в определённом порядке в зависимости от типовых дорожно-транспортных ситуаций. Величина усилий моторных действий водителя, прилагаемых к органам управления, достаточна велика и неодинакова. Поэтому целесообразно не просто учитывать типовые действия водителя, а взвешивать их по величине усилий, прилагаемых к органам управления. Существенным недостатком этого метода является неучёт технических факторов, влияющих на сложность трудовой деятельности водителя по управлению автобусом (габаритной длины, полной массы, типа кон-

струкции коробки передач). Следует также отметить, что характер взаимосвязи между сложностью трудовой деятельности водителя и расходом топлива может быть различен. Сравнение расхода топлива и сложности процессов управления автобусов, оборудованных гидромеханической коробкой переключения передач и обычной механической, показывает, что топливная экономичность меньше, а сложность в управлении ниже [1].

Каждая типовая транспортная ситуация реализуется несколькими алгоритмами характерных операций по управлению ГМТС, которые обязательно «срабатывают» в данной ситуации. Были определены по каждой выбранной транспортной ситуации операции по управлению ГМТС. Например, типовая транспортная ситуация «Остановочный пункт с карманом» включает в себя маневр заезда в карман на остановке, торможение до остановки, деятельность водителя на остановке, трогание, маневр и выезд с остановочного пункта.

По каждой операции на основе разработанных алгоритмов был произведен количественный анализ деятельности водителя в виде числа членов алгоритма. Так как маршруты отличаются между собой по длине и времени выполнения рейса, то в качестве сравнительных характеристик использовались удельные величины. Результаты расчета алгоритмическим методом, например, для троллейбусных маршрутов представлены в таблице 1. Они являются исходными данными для дальнейших расчетов.

Таблица 1 – Результаты расчета алгоритмическим методом для троллейбусных маршрутов г. Гомеля

Маршрут	Сложность маршрута	Удельная сложность по времени рейса	Удельный фактический расход электроэнергии за ионь, кВт·ч/км	Средняя скорость, км/ч
1	1102	16,95	2,01	15,5
2	1058	17,34	1,81	16,6
3	1388	14,02	1,775	17,9
5	1113	15,68	1,70	17,7
6	947	17,22	1,58	20,0
7	1348	16,24	1,72	18,7
8	1053	17,26	1,81	16,6
10	1218	21,37	1,96	15,2
11	1727	18,57	1,66	18,1
12	1752	17,88	1,66	17,1
15	1152	17,45	1,86	16,7
17	1608	22,33	1,6	17,3
19	1412	18,10	1,79	16,8
20	1719	15,49	1,96	16,3

Как отмечено рядом исследователей [3, 4], 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 (АКСМ-20101, АКСМ-20102 и т. д.) определяли фактический расход электроэнергии по маршрутам (см. таблицу 1), а также рассчитывалась средняя 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” (таблица 2). 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 [5].

Таблица 2 – Результаты расчетов обобщенного критерия сложности маршрута

Маршрут	Нормированная удельная сложность $Y_{\text{слож}}^*$	Нормированный удельный расход электроэнергии за ионь $Y_{\text{расх}}^*$	Нормированная средняя скорость $Y_{\text{скор}}^*$	Обобщенный критерий сложности маршрута $W$
1	0,400	0,605	0,292	0,481
2	0,000	0,513	0,563	0,287
3	0,200	0,316	0,521	0,284
5	0,385	0,000	1,000	0,273
6	0,267	0,368	0,729	0,359
7	0,390	0,605	0,292	0,477
8	0,884	1,000	0,000	0,848
10	0,548	0,211	0,604	0,402
11	0,465	0,211	0,396	0,343
12	0,413	0,737	0,313	0,549
15	1,000	0,053	0,438	0,517
17	0,491	0,553	0,333	0,503
19	0,177	1,000	0,229	0,553
20	0,400	0,605	0,292	0,481

Для определения показателей эффективности обобщенного критерия оценивания различных методов была выполнена «свертка» вектора к скаляру с помощью вектора весовых коэффициентов важности ( $1 \geq \delta_j \geq 0$ ) [5], причем сумма коэффициентов важности равна единице. Показатель эффективности обобщенного критерия сложности маршрута

$$W = \delta_1 Y_{\text{слож}}^* + \delta_2 Y_{\text{расх}}^* + \delta_3 Y_{\text{скор}}^*$$

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. Например, для значений  $\delta_1 = 0,45$ ;  $\delta_2 = 0,45$ ;  $\delta_3 = 0,1$  результаты расчетов обобщенного критерия сложности троллейбусных маршрутов (см. таблицу 2) для июня определил к “простым” маршруты 2, 3, 5, а к “сложному” – маршрут 8. Коэффициент вариации в данном случае составил 35 %, что указывает на среднюю колеблемость обобщенного критерия сложности маршрута. Полученные результаты могут быть использованы для количественной классификации маршрутов по категориям сложности.

Научная новизна работы характеризуется:

– построением многофакторной модели обобщенного параметра сложности маршрута движения ГМТС на главных компонентах, отражающих влияние дорожных условий и транспортных условий, а также условий движения;

– уточнением классификации ГМТС по сложности, которая дополняет общепринятую классификацию

условий эксплуатации, предусмотренную Положением о ТО и ремонте подвижного состава.

Предложенная методика ориентирована на комплексную оценку «трудности» 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, время обратного рейса, профиль дорог, наполняемость салона, косвенный учет “пробок” и состояния дорог).

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

#### Список литературы

- 1 Улицкая, И. М. Организация и оплата труда на автомобильном транспорте / И. М. Улицкая, И. Д. Нагаева. – М. : Транспорт, 1989. – 42 с.
- 2 Кулинцев, И. И. Экономика и социология труда / И. И. Кулинцев. – М. : Центр экономики и маркетинга, 2001. – 312 с.
- 3 Гарбер, А. З. Опыт помаршрутного нормирования расхода топлива / А. З. Гарбер, В. Б. Зотов, А. В. Ковалев // Автомобильный транспорт. – 1985. – № 12. – С. 31.
- 4 Совершенствование системы технико-экономического нормирования / Б. Герониус [и др.] // Автомобильный транспорт. – 1984. – № 3. – С. 47–49.
- 5 Задачи и модели исследования операций. Ч. 3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений : учеб. пособие / И. В. Максимей [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 1999. – 150 с.

Получено 14.06.2013

**V. S. Mogila, S. A. Azemsha, V. N. Galushko.** The generalized index definition of complexity for urban traffic route system.

The programming tool set for the statistical analysis of the basic financial and economic performances of transport enterprises is developed. The structure is defined and the programming tool set methodology is given. The search algorithm of the most effective representation of the generalized results by means of the generalized criterion and the algorithm of the efficiency estimation of organizational-economic activities held in an enterprise are developed.