

УДК 656.078

М. А. АХЛАМОВ

Российский университет транспорта РУТ (МИИТ), г. Москва

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА

Рассматриваются различные подходы к оценке транспортных систем городов, выявлены преимущества и недостатки. Представлена новая методика, определяющая критерии эффективности транспортной системы города, оценивающая систему относительно роли её участников. Приведены основные критерии и способ их расчета.

Транспортная система (ТС) как комплекс различных видов транспорта, находящихся во взаимодействии при осуществлении перевозки, является фундаментом для развития и существования города и его агломерации. В условиях развития городов и урбанизации населения планеты оценка эффективности транспортных систем становится актуальным вопросом. Определение оценочных критериев транспортной системы напрямую зависит от ее основных функций. Главная и единственная функция транспортной системы – это перемещение объекта x из точки a в точку b .

Наиболее сложная в создании, организации, оценке – городская транспортная система. В ней присутствуют несколько видов транспорта, объектов перемещения, множество «вершин» и «ребер», трудно анализируемое вероятностное передвижение. Поэтому оценка транспортной системы в большинстве случаев носит многокритериальный характер. Профессор Уильям Р. Блэк, считал, что любой город является сложной системой, состоящей из комплекса взаимосвязанных элементов, каждый из которых неизбежно влияет на остальные [1]. Исходя из этого транспортная система должна формироваться и оцениваться с учетом целого ряда внешних факторов (территория, общество, экология и экономика) (рисунок 1).

Многокритериальный подход основывается на балльной оценке качества городской среды [2]. Город получает балл в соответствии с качеством среды в его пространствах, оцененных по 6 критериям. 360 баллов – максимальное значение Индекса города (рисунок 2).



Рисунок 1 – Внешние факторы оценки транспортной системы



Рисунок 2 – Схема оценки качества городской среды

Транспортная система непосредственно влияет на качественные показатели городской среды. Данная методика оценивает только часть важных критериев ТС, при этом исключая очень важные оценочные области: экологию и экономику.

Широкий спектр объективных и субъективных критериев представлен в методике сравнительного анализа транспортных систем [5, с. 138], где сформирован перечень из 95 показателей, охватывающих все виды передвижения.

1 Физическая доступность:

- рельсовый транспорт;
- улично-дорожная сеть;
- транспорт совместного использования;
- внешняя связность.

2 Финансовая доступность:

- стоимость использования общественного транспорта;
- стоимость использования личного транспорта.

3 Эффективность:

- эффективность общественного транспорта;
- эффективность личного транспорта.

4 Удобства:

- комфорт в пути;
- билетная система;
- электронные сервисы;
- интермодальность.

5 Безопасность и устойчивое развитие:

- физическая безопасность;
- экологическая безопасность.

6 Восприятие жителями:

- удовлетворенность текущей ситуацией;
- восприятие изменений последних лет.

Данная методика оценки дает полную оценку существующей транспортной системы, но не определяет критериев для создания новой ТС или модернизации существующей.

Принимая во внимание достоинства и недостатки представленных выше подходов оценки основных функций транспортной системы разработана комплексная методика оценки проектируемых транспортных систем с учетом поставленных целей и взаимовлияющих факторов (рисунок 3).

Основой такого подхода являются цели, к которым стремится каждый участник транспортной системы. Например, бизнес-цели транспортной системы связываются с минимизацией капитальных вложений и наибольшей рентабельностью проекта.

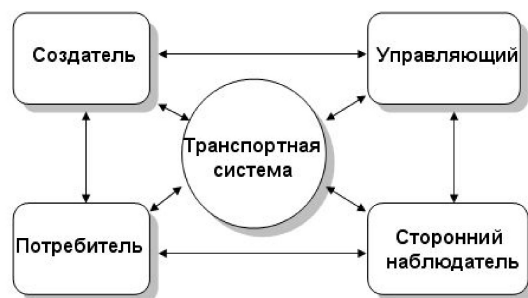


Рисунок 3 – Схема взаимосвязей транспортной системы

При оценке отношений потребителей (пассажиров, грузоперевозчиков) к транспортной среде целевыми ориентирами являются удобство и комфорт в виде использования современного подвижного состава, электронных сервисов, эффективной билетной системы, физическая доступность с развитой интермодальностью совершаемых поездок, минимальное время перемещения объекта в сети и стоимость перевозки, гарантированные безопасность и надежность подвижного состава.

Участник процессов в транспортной системе, именуемый как сторонний наблюдатель, ассоциируется с госструктурами и контролирующими органами, непосредственно не участвующими в создании, эксплуатации и потреблении услуг транспортной системы, но регулирующими отношения между участниками. Целевые установки для данного участника определяются контролем за состоянием загрязнения воздуха и среды на различных станциях мониторинга; проведением мероприятий по сохранению и развитию национальных парков, заказников, заповедников на территории транспортной системы; обеспечением контроля за состоянием безопасности и охраны труда; минимизацией и предупреждением нарушений и противоправных действий с установкой систем видеонаблюдения; проведения медицинских осмотров водителей общественного транспорта.

В методике используются соответствующие критериальные оценки:

1 Капитальные затраты на создание транспортной линии, зависящие:

- от вида транспорта;
- длины линий;
- рода и количества подвижных единиц;
- количества остановочных пунктов;
- количества и типа транспортных перегрузочных устройств (ТПУ).

$$K = \sum K_{ij} + \sum K_{ТПУ} + \sum K_{ПС} + K_{ОП}, \quad (1)$$

$$K \rightarrow \min, \quad (2)$$

где ΣK_{ij} – затраты на строительство i -го участка транспортной сети для j -го вида транспорта; $\Sigma K_{ТПУ}$ – затраты на строительство ТПУ; $\Sigma K_{ПС}$ – затраты на приобретение подвижного состава; $K_{ОП}$ – затраты на сооружение и обустройство остановочных пунктов и станций.

2 Рентабельность

$$R = \text{ЧП} / \text{Э} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

$$R \rightarrow \max, \quad (4)$$

где ЧП – чистая прибыль,

$$\text{ЧП} = \text{ВН} - \text{Н}, \quad (5)$$

ВН – валовая прибыль,

$$\text{ВН} = \text{В} - \text{СП}, \quad (6)$$

В – выручка;.

$$\text{В} = Q_{\text{усл}} C_{\text{проез}}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{усл}}$ – количество оказанных услуг в год; $C_{\text{проез}}$ – стоимость 1 услуги (проезда); СП – себестоимость услуги; Н – налоговые отчисления.

3 Эксплуатационные расходы

$$\text{Э} = \text{А} + 3\text{П} + \text{Е}_c + R_m + \text{ТО}, \quad (8)$$

$$\text{Э} \rightarrow \min, \quad (9)$$

где А – затраты на амортизацию транспортной системы, руб.; 3П – затраты на фонд заработной платы, руб.; E_c – затраты на силовую энергию (топливо); R_m – затраты на расходные материалы; ТО – затраты на техническое обслуживание.

4 Чистая прибыль

$$\text{ЧП} \rightarrow \max. \quad (10)$$

Этот показатель выделяется в отдельную группу. Соответствующие расчеты производятся по формулам (5)–(7).

5 Стоимость услуги (проезда)

$$C_{\text{проез}} \rightarrow \min. \quad (11)$$

6 Среднее время перемещения пассажира в городе

$$t_{\text{перем}} = \Sigma A_{ij} t_{\text{перем}} / \Sigma A_{ij}, \quad (12)$$

где A_{ij} – количество пассажиров, следующих из точки i в точку j ; $t_{\text{перем}}$ – время перемещения из точки i в точку j .

$$t_{\text{перем}ij} = 2t_{\text{подх/отход}} + t_{\text{ож}} + t_{\text{дв}} + t_{\text{пересад}}, \quad (13)$$

где $t_{\text{подх/отход}}$ – время подхода к i -й точке и время отхода от j -й; $t_{\text{ож}}$ – время ожидания транспорта; $t_{\text{дв}}$ – время в движении на транспорте; $t_{\text{пересад}}$ – время на пересадку.

7 Удобство пользователя, рассматриваемое как оценка качества городского транспорта, которая невозможна без анализа показателей, связанных с эффективностью перемещения по городу с точки зрения пассажира. Представим критерии, которые нельзя численно оценить, в таблице 1.

Таблица 1 – Критерии удобства потребителей транспортных услуг

Критерий	Наличие	Влияние
Система кондиционирования и отопления	+	$K \uparrow, Q_{\text{всл}} \uparrow, \Theta \uparrow$
Билетная система	+	$K \uparrow, Q_{\text{всл}} \uparrow, \Theta \uparrow, t_{\text{подх/отход}} \downarrow$
Электронные сервисы	+	$K \uparrow, Q_{\text{всл}} \uparrow, \Theta \uparrow, t_{\text{подх/отход}} \downarrow$
Wi-Fi	+	$K \uparrow, Q_{\text{всл}} \uparrow, \Theta \uparrow$
USB-розетки	+	$K \uparrow, Q_{\text{всл}} \uparrow, \Theta \uparrow$
Информационные вывески	+	$K \uparrow, Q_{\text{всл}} \uparrow, \Theta \uparrow, t_{\text{подх/отход}} \downarrow$
Чистота и опрятность салона ПС	+	$Q_{\text{всл}} \uparrow, \Theta \uparrow$
Плавность хода и мастерство вождения	+	$Q_{\text{всл}} \uparrow, \Theta \uparrow, \text{Безопасность} \uparrow$

8 Надежность системы с численной оценкой как вероятности P нахождения объекта в работоспособном состоянии в данный момент времени t .

$$P(t) = N_p / N = 1 - n(t) / N, \quad (14)$$

где N_p – число рейсов безотказной работы транспорта и инфраструктуры; N – общее число рейсов; $n(t)$ – число рейсов на момент t где произошли отказы.

Данный показатель позволяет пассажиру определить, с какой вероятностью он достигнет цели своей поездки (не опоздает на встречу, самолет, поезд и др.). При высокой надежности время перемещения пассажира в системе $t_{\text{перем}ij}$ будет постоянно и горожанин сможет рационально планировать свое время. В этом отношении высокая надежность рельсового транспорта является существенным преимуществом перед личным автотранспортом.

9 Безопасность, обеспечение которой является одной из основных задач в сфере городского транспорта. Для сравнения уровня безопасности различных видов транспорта в городской среде используются абсолютные показатели, а для сравнения транспортных систем различных городов – относительные. Область безопасности транспортной системы включает следующие различные позиции:

- 1) использования автомобильного транспорта:
 - количество ДТП за год, с учетом погибших и пострадавших, с разделением на классы участников транспортной системы;
 - количество инцидентов с опасными грузами и их последствия;
 - количество происшествий с другими видами транспорта;
- 2) использования общественного транспорта:
 - количество ДТП;
 - безопасность пассажира;

3) со стороны пешехода, велосипедиста, самокатчика:

– безопасность как участника движения;

– количество несчастных случаев.

10 Экология. Экологическая составляющая города непосредственно влияет на безопасность нашего здоровья. Для характеристики транспортной системы будем использовать универсальный нормализованный индекс загрязнения ТАQI (англ. *Tropomi Air Quality Index*), рассчитываемый по следующей формуле:

$$TAQI = \sum_{i=1, n} c_i a_i, \quad (15)$$

где i – номер загрязняющего вещества; n – количество показателей, участвующих в расчете; c_i – нормированная концентрация i -го загрязняющего вещества; a_i – коэффициент, учитывающий класс опасности вещества.

Для удобства сравнения результатов полученные значения ТАQI приводятся к шкале от 0 до 100.

Таким образом, предложенная методика позволяет комплексно оценить транспортную систему с позиции различных участников этой системы. Использование ключевых критериев оценки ТС позволит разрабатывать рациональные проекты развития систем, обладающих сбалансированностью различных, часто противоречивых условий функционирования технических и технологических структур различных видов транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Black, W. R. Sustainable Transportation: Problems and Solutions. Guilford Press / W. R. Black Banister // *Northwestern Journal*. – 2010. – No. 3. – P. 98–110.

2 Методика формирования индекса качества городской среды, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 марта 2019 г. № 510-р, с учетом изменений, утвержденных распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 ноября 2019 г. № 2625-р. – 31 с.

3 Задворный, Ю. В. Критерии эффективности транспортной инфраструктуры региона // *Российское предпринимательство* / Ю. В. Задворный. – 2011. – № 1 (1). – С. 168–186.

4 Морозова, И. А. Маркетинговое обеспечение развития инфраструктуры рынка транспортных услуг : автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – Волгоград, 2008. – 50 с.

5 Кнупфер, Ш. Транспортные системы 24 городов мира: составляющие успеха / Ш. Кнупфер, В. Покотило, Дж. Вотцель. – McKinsey Center for Future Mobility, 2018. – 68 с.

М. А. ACHLAMOV

DETERMINING THE EFFICIENCY CRITERIA OF THE CITY TRANSPORT SYSTEM

Various approaches to assessing city transport systems are considered, advantages and disadvantages are identified. A new methodology is presented that determines the criteria for the efficiency of the city transport system, assessing the system relative to the role of its participant. The main criteria and the method for calculating them are shown.

Получено 28.10.2024