

Лебедева Ольга Анатольевна,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: kravhome@mail.ru

Полтавская Юлия Олеговна,
к.т.н., ст. преподаватель, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: juliapoltavskaya@mail.ru

**ЭМПИРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ОЖИДАНИЯ ГОРОДСКОГО
ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ОПТИМАЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАРШРУТНОЙ СЕТИ**

Lebedeva O.A., Poltavskaya J.O.

**EMPIRICAL ESTIMATION WAITING TIME OF URBAN PUBLIC TRANSPORT
WITH THE PURPOSE ENSURING OPTIMAL FUNCTIONING ROUTE NETWORK**

Аннотация. Статья посвящена эмпирической оценке времени ожидания городского общественного транспорта с целью обеспечения оптимального функционирования маршрутной сети. Обследование позволяет получить количественные характеристики взаимосвязи между предполагаемым и фактическим временем ожидания, которые предоставляют информацию о прибытии автобуса в режиме реального времени на остановочный пункт. Данные о предполагаемом и фактическом времени ожидания пассажиров были собраны на остановочных пунктах, не оборудованных информационным табло. В ходе анализа была выявлена зависимость фактического и предполагаемого времени ожидания. Результаты показывают, что пассажиры оценивают ожидание несоизмеримо фактическому времени. Внедрение систем информирования пассажиров в режиме реального времени поможет сократить воспринимаемое время ожидания, что в свою очередь повысит уровень транспортного обслуживания.

Ключевые слова: маршрут, оптимизация, оценка, городской транспорт, функционирование.

Abstract. The article is devoted to an empirical estimate of the waiting time of urban public transport in order to ensure optimal functioning of the route network. The survey provides quantitative characteristics of the relationship between estimated and actual waiting times. The obtained characteristics provide information about the arrival of the bus in real time at the stopping point. Data on the expected and actual waiting times of passengers were collected at stopping points not equipped with information boards. The analysis revealed the dependence of the actual and expected waiting time. The results show that passengers rate the expectation disproportionately to actual time. The implementation of real-time passenger information systems will help reduce perceived waiting times, which in turn will increase the level of transport services.

Keywords: route, optimization, assessment, urban transport, operation.

В условиях роста автомобилизации формируется потребность в оценке времени ожидания городского общественного транспорта на остановочных пунктах [1]. Получение информации о прибытии автобуса в режиме реального времени может осуществляться посредством различных информационных технологий – электронного табло остановочного пункта, приложений, установленных на средствах связи. Пассажиры могут использовать время ожидания более продуктивно, выбирая маршрут или альтернативный вид транспорта. Возможность получения информации уменьшает время ожидания, присущее транс-

портным системам. Эмпирические данные показывают, что время ожидания на остановочном пункте кажется более продолжительным, чем время в движении к месту назначения [2, 3]. В целом, сокращение времени ожидания позволит улучшить качество обслуживания и увеличить пассажиропоток.

Повышение конкурентоспособности общественного транспорта обусловило выбор темы, постановку цели данного исследования.

Обследование основано на изучении восприятия времени ожидания. Данные были получены в ходе проведения опроса респондентов на остановочных пунктах маршрутной сети г. Ангарска. Собранные данные были проанализированы, в результате чего была исследована связь между воспринимаемым и фактическим временем ожидания.

Основная цель этого исследования – смоделировать и количественно определить разницу между предполагаемым и фактическим временем ожидания пассажира при отсутствии точной информации о прибытии автобуса в режиме реального времени. Эта цель достигается в ходе экспериментального исследования путем оценки моделей.

В соответствии с целью исследования были поставлены и решены следующие задачи:

- обоснование необходимости использования инструментов, позволяющих проводить детальную и точную оценку времени ожидания пассажира;
- подтверждение возможности использования экономии времени как способа сокращения эксплуатационных расходов;
- формирование методики установления зависимости между предполагаемым и фактическим временем ожидания;
- аргументация необходимости натуральных исследований как важного инструмента транспортного планирования.

Для проведения экспериментального исследования необходимо определить остановочные пункты основываясь на следующих критериях:

- выбор остановочных пунктов, которые обслуживают два-три маршрута. Если на нем проходит множество маршрутов, время ожидания может сократиться за счет выбора альтернативного маршрута и респондент не успеет провести опрос;
 - выбор остановочных пунктов, где интервал движения более 5 минут, длительное ожидание дает возможность провести качественный опрос пассажиров;
 - выбор остановочных пунктов, где нет возможности оценить время ожидания до следующего рейса – посадка в транспортное средство не запланирована заранее;
 - выбор остановочных пунктов с относительно высоким пассажиропотоком.
- Для сокращения времени проведения эксперимента требуется определенное

количество наблюдений, возможность соблюсти это условие – выбор остановочных пунктов с высоким пассажиропотоком.

Исходя из вышеизложенных критериев, было выбрано шесть остановочных пунктов на трех маршрутах. Как правило, опрос начинается как минимум за минуту до предполагаемого прибытия автобуса и содержит следующие вопросы:

1. Автобусная остановка, где проводится опрос / пункт назначения.
2. Время прибытия пассажира на остановочный пункт.
3. Время опроса пассажира.
4. Пункт назначения.
5. Пол пассажира.
6. Предполагаемое / максимальное время ожидания.
7. Время подхода к остановочному пункту.
8. Имеется ли ограничение на затрачиваемое время в пути.
9. Имеется ли индивидуальный транспорт.
10. Социальный статус.

Пункты с 1 по 7 обязательны, а пункты с 8 по 10 – если респонденту позволяет время. Важно указать желаемый уровень точности оценки времени, чтобы избежать возможность округления.

Оценка модели проводилась с целью установления количественной разницы между предполагаемым и фактическим временем ожидания с исследованием факторов.

Моделирование состоит из двух этапов. На первом этапе оценивается регрессионная модель воспринимаемого и фактического времени ожидания с помощью метода наименьших квадратов:

$$p = \beta_0 + \beta_1 a + \varepsilon, \quad (1)$$

где p – предполагаемое время ожидания, мин.;

a – фактическое время ожидания, мин.;

β_0 – параметр, представляющий пересечение линии регрессии;

β_1 – параметр, представляющий наклон линии регрессии;

ε – случайная величина.

На втором этапе устанавливаются статистически значимые различия (t -, F -статистика) между исследуемыми переменными [4].

Результаты оценки показывают, что воспринимаемое время ожидания больше фактического в пределах диапазона набора данных, посредством чего фактическое время ожидания варьируется от 3 до 15 минут. Обоснованность и достоверность полученных результатов можно подтвердить репрезентативными объемами выборок, верификацией результатов экспериментов общепринятыми статистическими критериями (таблица 1).

Таблица 1

Результаты оценки воспринимаемого и фактического времени ожидания

| Статистические показатели | Переменные | |
|---|----------------------------|-------------------------------|
| | Фактическое время ожидания | Предполагаемое время ожидания |
| Среднее значение | 8,05 | 8,60 |
| Стандартная ошибка | 0,63 | 0,58 |
| Стандартное отклонение | 4,73 | 4,35 |
| Уровень надежности (95 %) | 1,25 | 1,15 |
| t-статистика | 1,96 | |
| F-статистика | 1,18 | |
| Количество наблюдений, N=57; $y=0,9758x+0,7388$; $R^2 = 0,81$ | | |

В ходе анализа полученных экспериментальных данных было выявлено, что время ожидания транспорта на остановочном пункте находится в диапазоне от 3 до 15 минут – 87,7 % наблюдений фактического времени ожидания; а в диапазоне от 3 до 9 минут – 40,3 %; при этом среднее значение предполагаемого времени ожидания больше, чем фактическое на 0,55 минут. Полученные с использованием пакетов статической обработки данных результаты свидетельствуют о том, что параметры принадлежат доверительному интервалу равному 95%.

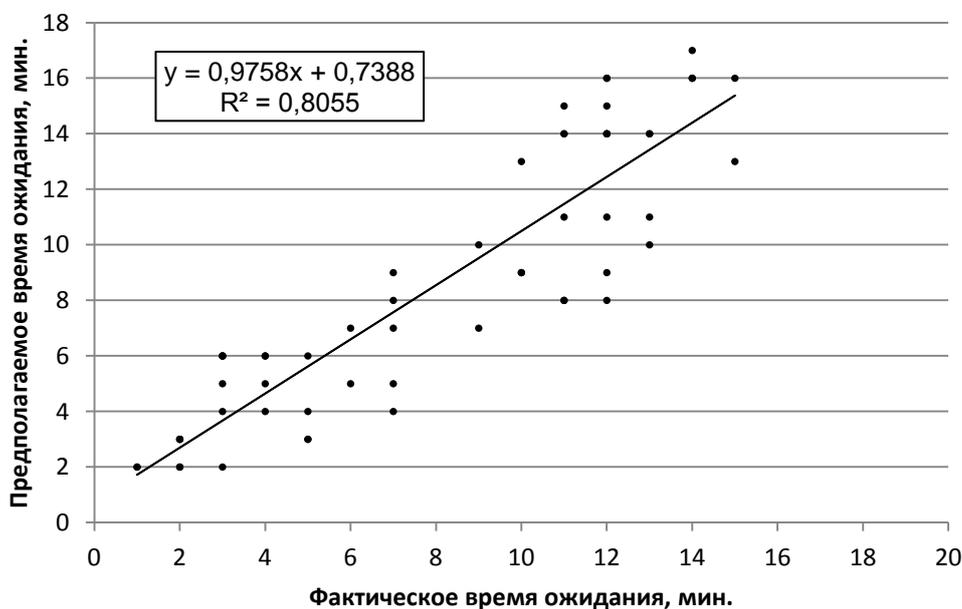


Рисунок 1 – График зависимости фактического и предполагаемого времени ожидания

На основе анализа была выявлена зависимость фактического и предполагаемого времени ожидания. Для функционального объяснения зависимости построена линия тренда и получено уравнение линейной регрессии (рисунок 1), которое имеет высокое качество аппроксимации, коэффициент детерминации $R^2 > 0,80$.

Таким образом, была доказана статистически значимая зависимость между предполагаемым и фактическим временем ожидания, основанная на экспериментальном исследовании. На качество исследования влияют объем выборки и информативность проведенного анкетирования. Сложность моделирования и анализа полученной информации наблюдается на остановочных пунктах, обслуживающих несколько маршрутов (например, если анкетирование проводилось в период пересадки с одного маршрута на другой), на которых отмечен высокий пассажиропоток.

Поскольку пассажиры считают, что предполагаемое время ожидания на остановочном пункте больше, чем фактическое, системы информирования пассажиров в режиме реального времени могут сократить воспринимаемое время ожидания путем предоставления достоверной информации. Сокращение предполагаемого времени ожидания приведет к снижению эксплуатационных расходов и повышению качества обслуживания пассажиров и, в конечном итоге, к увеличению пассажиропотока на общественном транспорте, в связи с внедрением систем информирования пассажиров в режиме реального времени.

В целом, в исследовании была использована методика, учитывающая эмпирическую оценку времени ожидания городского общественного транспорта, что нашло отражение в предлагаемой универсальной транспортной модели, так как она может быть адаптирована к задачам разной масштабности, а также с использованием данных полученных в режиме реального времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедева О.А. Вопросы функционирования городского пассажирского транспорта // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2013. Т. 1. № 1. С. 40.
2. Михайлов А.Ю., Копылова Т.А. Разработка оценочной шкалы продолжительности пересадок в интермодальных узлах городского пассажирского транспорта // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 12 (107). С. 258-263.
3. Полтавская Ю.О., Лебедева О.А. Оценка качества обслуживания пассажиров общественным транспортом // Научные исследования и разработки молодых ученых. 2014. № 1. С. 110-113.
4. Mishalani R., McCord M., Wirtz J. Passenger wait time perceptions at bus stops: empirical results and impact on evaluating real-time bus arrival information // Journal of Public Transportation, Vol. 9, No. 2, 2006, p.89-106.