

УДК 656.13

Давидич Ю.А., д.т.н., Калюжный М.В., к.т.н.

Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков

НОРМИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК МАРШРУТА

На основании результатов натурных обследований определена зависимость технической скорости транспортных средств городского пассажирского транспорта с учетом характеристик маршрута, транспортного средства и условий движения.

Введение

Непроизводительные затраты времени населения города на движение в транспорте составляют очень большую величину. Уменьшение этих затрат означает возможность полезного использования его в сфере материального производства и для организации культурно-бытовых перемещений. Решение этой задачи невозможно без определения рациональной длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта, обеспечивающей минимальные затраты времени пассажиров на передвижение [1].

Анализ публикаций

Основными характеристиками передвижений, по мнению исследователей, являются длина поездки, скорость сообщения и затраты времени на передвижение [1, 2]. Наиболее общей характеристикой передвижения являются затраты времени на передвижение, которые определяются длиной передвижения и скоростью сообщения. Максимальные затраты времени пассажиров на передвижение ограничиваются допустимой границей транспортной утомляемости, которая устанавливается с учетом психофизиологических возможностей организма человека, экономических, социальных и других факторов [1]. При проектировании транспортных систем виды городского пассажирского транспорта и необходимые характеристики их транспортных сетей и маршрутных систем необходимо выбирать в соответствии с требованиями действующих строительных норм и правил [3]. Составляющими затрат времени на передвижение, по мнению исследователей, в общем случае, являются время на пешеходный подход от пункта отправления к остановочному пункту городского пассажирского транспорта, время на ожидание транспорта на остановочном пункте, время движения в транспортном средстве и время пешеходного подхода от остановочного пункта городского пассажирского транспорта к пункту назначения. Затраты времени на пешеходный подход от пункта отправления к остановочному пункту городского пассажирского транспорта и от остановочного пункта к пункту назначения исследователи предлагают учитывать как усредненную величину [1, 2]. На затраты времени пассажиров на передвижение можно влиять внедрением различных организационных мероприятий технологического процесса перевозки пассажиров. Исследователи в работе [1] выделяют параметр, существенно влияющий практически на все характеристики систем маршрутного городского пассажирского транспорта, в том числе и на затраты времени пассажиров на передвижение. Этим параметром, по их мнению, является длина перегона. Существующие подходы для определения длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта, приведенные в работах [1, 2], несовершенны вследствие того, что используют в качестве постоянных величин техническую скорость транспортного средства, время простоя на остановках и интервал движения. Эти параметры являются в свою очередь сложными функциями, зависящими от ряда факторов. Вследствие этого, для решения поставленной задачи необходимо описание отмеченных параметров как функций различных переменных. Для этого возника-

ет необходимость в анализе закономерностей изменения технической скорости транспортного средства, времени простоя на остановках и интервала движения. Все эти факторы являются параметрами движения транспортных средств по маршруту городского пассажирского транспорта.

Цель и постановка задачи

Целью данной работы является определение закономерностей изменения технической скорости транспортного средства городского пассажирского транспорта с учетом характеристик маршрута, транспортного средства и условий движения. Для достижения поставленной цели необходимо проведение обследования параметров движения транспортных средств при перевозке пассажиров.

Выявление и анализ факторов, влияющих на техническую скорость транспортных средств на перегоне маршрута

Движение транспортных средств на маршруте городского пассажирского транспорта представляет собой сложное явление [4–8]. При перевозке пассажиров из одного пункта в другой по маршруту происходит наложение двух основных процессов: процесс движения между остановками, связанный с условиями дорожного движения; задержка на остановках, связанная с подходом, высадкой и посадкой пассажиров. Продолжительность данных процессов зависит от многих случайных факторов:

- движение в режиме потока, на которое оказывает влияние трасса перегона маршрута (его длина, регулируемые и нерегулируемые перекрестки, изменение направления движения автобусов, продольный профиль трассы перегона, состояние дорожного покрытия, влияние других транспортных средств);

- уличные «пробки», стоянки автобусов вне остановки, вызванные различными причинами.

Кроме того, на характер движения транспортных средств влияют их динамические характеристики и степень заполнения салона пассажирами. Причем, заполнение салона может существенным образом влиять на процесс движения и усугублять отклонение от расписания движения.

Время простоя автобусов на остановочном пункте состоит из следующих элементов:

- время, затрачиваемое на открытие и закрытие дверей;

- время непосредственно посадки и высадки пассажиров, в течение которого они выходят из автобуса и входят в него.

Продолжительность этого времени зависит от различного рода факторов: пассажирообмена остановочного пункта, степени заполнения салона автобуса, количества дверей, времени года, наличия багажа у пассажиров и т. д. Еще в большей степени усложняет процесс движения наличие обратных связей. Взаимосвязь факторов, влияющих на параметры функционирования маршрута городского пассажирского транспорта, приведена на рисунке 1. При исследовании рассматривался процесс движения автобусов по перегону маршрута. Графически схема исследуемого процесса при макроподходе может быть представлена в виде «черного ящика», как приведено на рисунке 2. В качестве входных параметров X выступают параметры технологического процесса перевозки пассажиров: ширина автобуса; удельная мощность двигателя; объем двигателя; количество мест для сидения; общая вместимость автобуса; стаж работы водителя на автобусе; длина перегона; количество полос движения на перегоне; скорость и интенсивность транспортного потока; количество пассажиров, вошедших и вышедших на остановочных пунктах; время движения между остановочными пунктами. В качестве выходных параметров Y выступают параметры сообщения пассажиров (техническая скорость транспортных средств и время простоя на остановочных пунктах). В качестве факторов внешней среды Z выступают расстояние видимости дорожного покрытия и коэффициент сцепления колеса с дорогой. Для получения исходной информа-

ции было проведено обследование параметров движения транспортных средств. При проведении обследования фиксировались условия движения транспортных средств по перегонам маршрута и параметры их простоя на остановочных пунктах.



Рисунок 1 – Взаимосвязь факторов, влияющих на параметры функционирования маршрута городского пассажирского транспорта

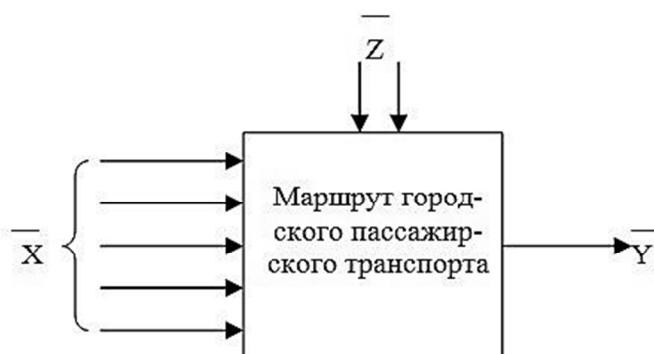


Рисунок 2 – Схематическое изображение исследуемого объекта

Для дальнейшего изучения исследуемого объекта был проведен анализ методов исследования. Для того, чтобы выяснить, какие факторы и в какой степени влияют на исследуемое явление, применяются статистические методы корреляции и регрессии. Методы корреляционного и регрессионного анализа можно особенно эффективно использовать при определении научно обоснованных плановых показателей производственных процессов, которые обеспечивают эффективную работу автотранспорта [9].

Исследование закономерностей изменения технической скорости транспортных средств при движении по перегону маршрута

На первом этапе исследования проводился анализ влияния каждого из ранее определенных факторов на значение технической скорости на перегоне маршрута. Данный анализ проводился на основе математического описания графиков зависимости между исследуемыми параметрами для рейтинговой оценки величины влияния отдельных факторов в соответствии с методикой, приведенной в работе [10]. Теснота связи между зависимой и независимой переменной оценивалась с использованием коэффициента корреляции. Информационная способность модели оценивалась с использованием критерия Фишера. Влияние неучтенных факторов оценивалось коэффициентом детерминации [9]. Характеристики разработанных моделей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика моделей изменения технической скорости автобуса при движении по перегону маршрута

Фактор	Вид модели	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	Критерий Фишера	
				расчетный	табличный
Стаж работы водителя на автобусе	$V_T = 26,75 + 0,4S_{вод.авт}$	0,39	0,62	30,31	1,52
Количество мест для сидения	$V_T = 48,91 - 0,51q_{сид}$	0,28	0,53	17,98	1,52
Номинальная вместимость	$V_T = 42,12 - 0,09q_n$	0,26	0,51	10,55	1,89
Объем двигателя	$V_T = 27,79 + 0,85Q_{\delta}$	0,18	0,42	10,43	1,52
Длина автобуса	$V_T = 44,92 - 0,76L_A$	0,23	0,48	9,70	1,89
Расстояние видимости	$V_T = 23,66 + 0,08R$	0,31	0,56	17,04	1,89
Возраст водителя	$V_T = 14,79 + 0,4B_{\epsilon}$	0,29	0,54	17,93	1,52
Удельная мощность двигателя	$V_T = 23,16 + 0,65U$	0,88	0,78	64,14	2,08
Коэффициент заполнения салона	$V_T = 43,21 - 23,96\gamma$	0,82	0,67	72,88	1,52
Коэффициент сцепления	$V_T = 21,54 + 23,67K_c$	0,72	0,52	28,69	1,93
Длина перегона	$V_T = 19,87 + 16,13l_n$	0,87	0,75	136,43	1,52
Скорость транспортного потока	$V_T = 18,12 + 0,44V_n$	0,79	0,63	50,2	1,89

Анализ полученных моделей позволяет сделать следующие выводы:

1. Увеличение стажа работы водителя, который определяет опыт и мастерство вождения автомобиля, приводит к увеличению скорости движения.
2. Количество мест для сидения определяется габаритными размерами транспортного средства. С уменьшением габаритных размеров улучшаются условия маневрирования в транспортном потоке, следовательно увеличивается скорость движения.
3. Номинальная вместимость также связана с габаритными размерами транспортного средства, что влияет на возможность маневрирования в транспортном потоке.
4. С увеличением объема двигателя увеличивается скорость движения.
5. Длина автобуса также определяет возможность маневрирования в транспортном потоке, поэтому с уменьшением длины автобуса увеличится скорость движения.
6. С увеличением расстояния видимости увеличится скорость движения. Лучшие условия видимости дают возможность водителю более уверенно двигаться по маршруту.
7. Возраст водителя увеличивает скорость движения, так как более опытный водитель сможет проконтролировать скорость движения.
8. Удельная мощность двигателя автобуса определяет его динамические качества, следовательно оказывает существенное влияние на техническую скорость.
9. Очевидно, что с уменьшением значения коэффициента заполнения салона, т. е. количества пассажиров в нем, увеличивается скорость автомобиля.
10. Коэффициент сцепления колеса с дорогой определяет возможность автобуса развивать максимальную скорость.
11. Чем больше длина перегона, тем больше скорость может быть на нем развита. Это обуславливает возможность автобуса более длительное время двигаться с постоянной скоростью.
12. Чем больше скорость потока транспортных средств, тем выше скорость прохождения автобусом маршрута передвижения. Скорость транспортного потока определяет общие условия движения.

Анализ полученных результатов показал, что наибольшую степень влияния на техническую скорость оказывают удельная мощность двигателя автобуса, коэффициент заполнения салона, коэффициент сцепления колеса с дорогой, длина перегона, скорость потока транспортных средств. Модели, приведенные в таблице 1, отражают тенденцию влияния параметров технологического процесса перевозки пассажиров на техническую скорость. Однако использовать данные модели при решении задачи определения длины перегона, обеспечивающей минимальные затраты времени пассажиров на передвижение, не представляется возможным вследствие недостаточно больших коэффициентов корреляции. Данные модели описывают взаимосвязь технической скорости от одного фактора. В действительности эти факторы оказывают совместное влияние на скорость. Описать ее изменение в зависимости от параметров движения, транспортных средств, пассажиропотоков, маршрута и водителя возможно с использованием метода множественной корреляции. Проведенные расчеты показали, что многофакторная модель имеет следующий вид:

$$V_T = 20,83I_n - 7,43\gamma + 0,18V_n + 0,38U + 12,91K_c. \quad (1)$$

Таким образом, из всех исследуемых факторов значимыми оказались только пять, о чем свидетельствует расчетное значение критерия Стьюдента, которое превышает табличное значение, и отсутствие нуля в доверительном интервале каждого коэффициента модели.

После разработки регрессионной модели проводилась ее статистическая оценка. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты оценки модели изменения технической скорости транспортных средств при движении по перегону маршрута

Показатели		Значения
Критерий Фишера:	табличный	1,39
	расчетный	526,29
Коэффициент множественной корреляции		0,99
Средняя ошибка аппроксимации, %		7,5

Информационная способность модели определяется критерием Фишера. Расчетное значение намного больше табличного. Это говорит о том, что модель изменения технической скорости транспортного средства описывает результаты эксперимента лучше, чем простейшая, в которой при любом наборе значений переменных результатом есть константа, равная среднему значению. Критерий Фишера может определять адекватность модели, но только в том случае, если имеют место повторяющиеся опыты. В рассмотренном случае нет повторяемых опытов, поэтому критерием Фишера определялась ее информационная способность.

Теснота связи между зависимой переменной и факторами, которые влияют на ее уровень, определяется коэффициентом множественной корреляции. Значение коэффициента множественной корреляции свидетельствует о достаточно высокой степени тесноты связи между значениями технической скорости и отобранными факторами.

Оценка адекватности разработанной модели производилась по показателю средней ошибки аппроксимации. Значение средней ошибки аппроксимации соответствует допустимым пределам.

В результате проведения расчетов, можно сделать вывод о допустимости использования полученной модели изменения технической скорости автобуса при исследовании влияния длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта на параметры перевозки пассажиров.

Выводы

Однофакторные модели изменения технической скорости автобусов на перегоне маршрута отображают тенденцию влияния параметров движения, транспортного средства, пассажиропотоков и маршрута. Изменение технической скорости транспортных средств на перегоне маршрута с достаточной точностью описывается линейным регрессионным уравнением, в котором в качестве переменных выступают параметры транспортного средства и условия движения. Данную зависимость можно использовать при нормировании параметров технологического процесса перевозки пассажиров.

Список литературы

1. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин.– М.: Высш. школа, 1980. – 535 с.
2. Пассажирские автомобильные перевозки / [Л.Л. Афанасьев, А.И. Воркут, А.Б. Дьяков, и др.]. – М.: Транспорт, 1986. – 220 с.
3. Государственные строительные нормы и правила Украины. – К., 2002. – 92 с.
4. Кравченко Е.А. Резервы повышения скоростей движения автобусов на городских и пригородных маршрутах / пути увеличения скоростей движения городского пассажирского транспорта и сокращение затрат времени на передвижение / Е.А. Кравченко. – М., 1972. – С. 10–13.
5. Гудков В.А., Пассажирские автомобильные перевозки / под ред. В.А. Гудкова, Л.Б. Миротина, А.В. Вельможина, С.А. Ширяева. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 448 с.
6. Володин Е.П. Организация и планирование перевозок пассажиров автомобильным транспортом / Е.П. Володин, Н.И. Громов. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.
7. Воронков С.А. Метод определения эксплуатационных нормативов движения маршрутных автобусов в крупных городах: автореф. дис. на соискание научной степени канд. техн. наук. / С.А. Воронков. – М.: НИИАТ, 1990. – 20 с.
8. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автомобильном транспорте / В.Г. Галушко. – К.: Вища школа, 1976. – 232 с.
9. Крохин М.Н. Оптимальная длительность работы и отдыха локомотивной бригады [Электронный ресурс] / М.Н. Крохин, А.Б. Кирпичников. – режим доступа: / <http://www.edv.ru>.

Рецензент: к.т.н., доц. А.В.Толок, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ».

Стаття надійшла до редакції 14.06.12
© Давидич Ю.А., Калюжный М.В., 2012