

ных проектных решений.

1. Пугачёв И.Н. Методология развития эффективного и безопасного функционирования транспортных систем городов. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 260 с.

2. Донченко В.В., Кунин Ю.И., Казьмин Д.М. К вопросу о разработке и реализации единой государственной политики в области организации дорожного движения // Транспортная безопасность и технологии (журнал-каталог). – 2007. – №3. – С. 25-37.

3. Пугачёв И. Н. Проблемы модернизации транспортных систем городов // Транспортное строительство. – 2008. – №8. – С.5-9.

4. Якимов М. Р. Транспортные системы крупных городов. Анализ режимов работы на примере города Перми. – Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 2008. – 184 с.

*Получено 14.04.2010*

УДК 656.13

С.А.АЗЕМША, канд. техн. наук

*Белорусский государственный университет транспорта, г.Гомель*

В.Н.СТУКАЧЕВ, канд. техн. наук

*ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», г.Минск*

## **РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ОТ НЕПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ПРОСТОЕВ МАРШРУТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЗОНЕ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕГУЛЯРНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В г.ГОМЕЛЕ**

Пассажи́рские городские перевозки являются стратегически важной отраслью народного хозяйства Республики Беларусь. От качества транспортного обслуживания населения во многом зависят такие важные показатели, как производительность труда, психофизиологическое состояние пассажиров, а также социальные настроения в целом. В данной статье на основании ранее проведенных исследований временных потерь маршрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов г.Гомеля дается экономическая оценка указанным потерям.

Пасажи́рські міські перевезення є стратегічно важливою галуззю народного господарства Республіки Беларусь. Від якості транспортного обслуговування населення багато в чому залежать такі важливі показники, як продуктивність праці, психофізіологічний стан пасажирів, а також соціальні настрої в цілому. В даній статті на підставі раніше проведених досліджень тимчасових втрат маршрутних транспортних засобів у зоні зупинних пунктів м.Гомеля дається економічна оцінка зазначеним втратам.

Passenger city transportations are strategically important branch of a national economy of Byelorussia. Such important indicators in many respects depend on quality of transport service of the population as labour productivity, a psychophysiological status of passengers, and also social moods as a whole. In given article on the basis before the spent researches of time losses of routeing vehicles in a zone of stopping points the economic estimation is given to the specified losses.

*Ключевые слова:* маршрутное транспортное средство, регулярное сообщение, остановочный пункт маршрутного транспортного средства, простой маршрутных транспортных средств, потери времени пассажирами, стоимость потерь времени.

В настоящее время порядок посадки-высадки пассажиров маршру-

рутных транспортных средств в Республике Беларусь регламентирован п. 222 Правил автомобильных перевозок пассажиров. Из указанного пункта следует, что водитель маршрутного транспортного средства должен останавливаться для посадки-высадки пассажиров как можно ближе к передней границе остановочного пункта [1]. Однако это требование далеко не всегда соблюдается. Кроме того, в нормативных актах не регламентируется время простоя маршрутного транспортного средства в зоне остановочного пункта. Негативные результаты этого ощущает на себе каждый пассажир:

- 1) водители маршрутных транспортных средств зачастую без каких-либо видимых причин простаивают на остановочных пунктах после прекращения посадки-высадки пассажиров;
- 2) нередко простои маршрутных транспортных средств в ожидании освобождения остановочного пункта вследствие его занятости;
- 3) неправильное расположение маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах приводит к неоправданным простоям следующих сзади маршрутных транспортных средств и т.д.

В работе [2] указано, что продолжительность простоя автобусов на остановочном пункте описывается законом распределения Эрланга. Среднее значение времени простоя каждого автобуса на остановочном пункте в пиковый период колеблется от 20 до 25 с. Данные цифровые значения отражают простои только одного вида маршрутных транспортных средств – автобусов, и только в один характерный период движения – в пиковый. В работах [3, 4] выполнено деление суммарного времени простоя маршрутного транспортного средства в зоне остановочного пункта на составляющие элементы. В этих же исследованиях определены числовые значения непроизводительных простоев маршрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов. При этом суммарное время простоя маршрутного транспортного средства на остановочном пункте определялось из выражения

$$t_6 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \quad (1)$$

где  $t_1$  – простои перед остановочным пунктом вследствие его занятости, с;  $t_2$  – простои перед остановочным пунктом вследствие неправильного расположения на нем впереди идущих маршрутных транспортных средств, с;  $t_3$  – простои на остановочном пункте при посадке-высадке пассажиров, с;  $t_4$  – простои на остановочном пункте без посадки-высадки пассажиров с открытыми дверями, с;  $t_5$  – простои на остановочном пункте с закрытыми дверями в ожидании освобождения проезда, с.

Параметр  $t_1$  учитывается, когда маршрутное транспортное средство простаивает перед остановочным пунктом, который полностью за-

нут маршрутными транспортными средствами, осуществляющими посадку-высадку пассажиров.

Параметр  $t_2$  принимается в расчет, если маршрутное транспортное средство останавливается для посадки-высадки пассажиров, не доезжая до начала остановочного пункта (рис.1).

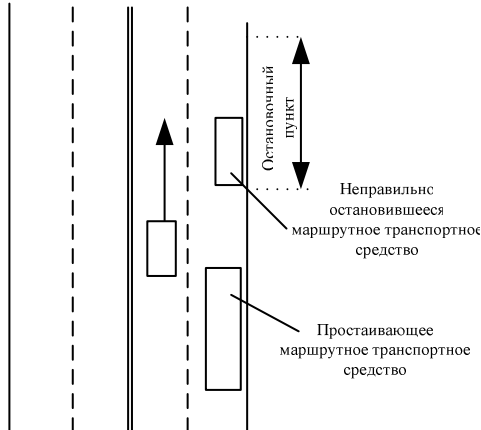


Рис.1 – Простой перед остановочным пунктом вследствие неправильного расположения на нем впереди идущих маршрутных транспортных средств

В результате этого, сзади идущее маршрутное транспортное средство вынуждено совершить объезд, уступив при этом дорогу транспортным средствам, движущимся по полосе движения, расположенной слева, или ожидать освобождения остановочного пункта.

Параметр  $t_3$  связан с простоем непосредственно под посадкой-высадкой пассажиров.

Параметр  $t_4$  входит в выражение (1), если посадка-высадка пассажиров уже закончена, но маршрутное транспортное средство простаивает в зоне остановочного пункта с открытыми дверями. Эти простои связаны с проведением контрольно-ревизионных проверок билетов пассажиров; ожиданием смены сигнала светофора, расположенного впереди по ходу движения маршрутного транспортного средства; продажей водителем абонементных талонов и другими причинами.

Параметр  $t_5$  учитывается, когда посадка-высадка пассажиров уже окончена, маршрутное транспортное средство готово отъехать от остановочного пункта, но впереди стоящие маршрутные транспортные средства создают препятствие для движения.

Очевидно, что параметры  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_4$ ,  $t_5$  являются непроизводительными и должны быть минимизированы. Процентное соотношение со-

ставляющих времени простоя приведено на рис.2 [4].

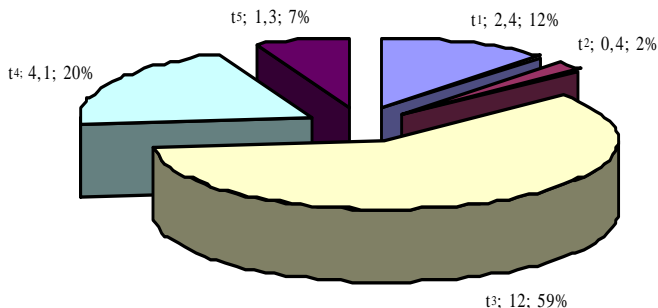


Рис.2 – Структура времени суммарного простоя на остановочном пункте [4]

Анализ данных, полученных в ходе предыдущих исследований, показывает [3, 4]:

- каждое маршрутное транспортное средство в среднем 2,4 с простаивает перед остановочным пунктом вследствие его занятости;
- 0,4 с – из-за того, что впереди идущие маршрутные транспортные средства остановились, не доезжая до начала остановочного пункта;
- 12 с – под посадкой-высадкой;
- 4,1 с – без посадки-высадки с открытыми дверями;
- 1,3 с – с закрытыми дверями в ожидании освобождения проезда;
- общая задержка каждого маршрутного транспортного средства на остановочном пункте в среднем составляет 20 с;
- только 60% времени простоя составляют простои непосредственно при посадке-высадке пассажиров, а остальные 40% (8 с) – производительные простои.

Анализ непроизводительных простоев по видам пассажирских транспортных средств показывает, что среднее время непроизводительного простоя каждого маршрутного транспортного средства на одном остановочном пункте, составляет [3, 4]:

- 10,5 с – для троллейбусов;
- 5 с – для автобусов;
- 0,3 с – для микроавтобусов.

В работе [4] установлено, что в денежном эквиваленте потери пассажиров общественного транспорта г.Гомеля от непроизводительных простоев в зоне остановочных пунктов составят 15,8 млрд. руб за год. Однако указанные социально-экономические потери будут не единственным видом потерь от непроизводительных простоев маршрутных

транспортных средств в зоне остановочных пунктов. Очевидно, что при простое в зоне остановочного пункта, маршрутное транспортное средство расходует энергию (сжигает топливо или потребляет электрическую энергию).

Цель настоящей работы – определение совокупных потерь от непроизводительных простоев маршрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов и предложение мероприятий по их сокращению.

Данные по расходу топлива автомобилями МАЗ, при работе двигателя на холостом ходу, приведены в табл.1, а по энергопотреблению троллейбуса АКСМ-321 при его простое – в табл.2.

Таблица 1 – Расходы топлива на холостом ходу двигателей семейства автобусов МАЗ

Модель базового автобуса	Модификация	Модель двигателя	Номинальная вместимость, пасс	Максимальная мощность, кВт	Расход топлива на холостом ходу, г/с
МАЗ-103	МАЗ-103	Mercedes-Benz OM906LA (E3, E4), Deutz BF6M 1013 (E3)	100	170 180	0,98; 1,07
	МАЗ-1035	Mercedes-Benz OM906LA (E3, E4) Deutz BF6M 1013 (E3)	90	170 180	0,98; 1,07
МАЗ-105	МАЗ-105	Mercedes-Benz OM906LA (E3, E4)	170	205	1,28
МАЗ-107	МАЗ-107	Mercedes-Benz OM906LA (E3, E4)	145	205	1,28
МАЗ-203	МАЗ-203	Mercedes-Benz OM906LA (E3, E4), Deutz TCD 2013 LO6 (E3)	100	205 или 170, 210 или 213	1,28 или 0,98 1,33 или 1,36
	МАЗ-2031	Mercedes-Benz OM906LA (E3, E4), Deutz TCD 2013 LO6 (E3)	100	213 210 или 213	1,36 1,33 или 1,36
МАЗ-206	МАЗ-206	Mercedes-Benz OM904LA (E3, E4, E5)	72	130	0,64

Примечания: 1. Данные по комплектации автобусов двигателями получены из официального сайта ОАО «Минский автомобильный завод» (<http://maz.by/>).

2. Значения расхода топлива получены на основании обработки опытных данных в г/с на холостом ходу при 900 об./мин. коленчатого вала двигателя.

Таблица 2 – Энергопотребление троллейбуса АКСМ-321 на остановке

Параметр	Значение	Примечание
Потребление электроэнергии из питающей сети на остановке (посадка-высадка пассажиров) без учета работы световых приборов и обогрева пассажирского салона и кабины водителя, кВт (мин. – макс.)	0-3	Электродвигатель компрессора может быть включен (потребление 3 кВт) или выключен (потребление 0 кВт), в зависимости от давления в пневмосистеме
Потребление электроэнергии из питающей сети на остановке на обогрев пассажирского салона в холодное время года, максимально, кВт	22 (в среднем 15,4)	В пассажирском салоне установлено 4 калорифера по 4 кВт и один калорифер 6 кВт в кабине водителя (может отключаться водителем). Так как калориферы работают не постоянно, а периодически, то в среднем используется 70% мощности, что составит 15,4 кВт
Потребление электроэнергии из питающей сети на остановке на световые приборы в темное время суток, кВт	0,462	В троллейбусе установлены 17 светильников, 2 фары, задние фонари, указатели поворотов и др.

*Примечание:* Значения энергопотребления взяты по данным УП «Белкоммунмаш».

На основании данных табл.1 можно найти зависимость расхода топлива на холостом ходу ( $R$ , г/с) от мощности двигателя ( $N$ , кВт). Указанная зависимость приведена на рис.3, из которого видно, что между исследуемыми параметрами существует довольно тесная линейная связь, при этом уравнение регрессии имеет вид:

$$R = 0,0087 N - 0,4908.$$

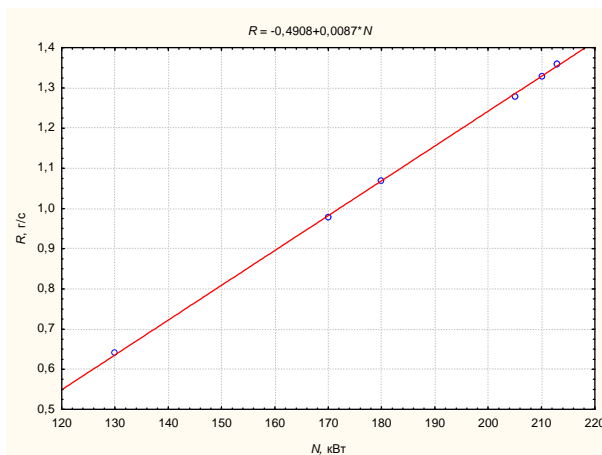


Рис.3 – Зависимость расхода топлива на холостом ходу от мощности двигателя

Аналогично можно найти зависимость расхода топлива на холостом ходу ( $R$ ) от вместимости автобуса ( $Q$ ) в диапазоне вместимостей от 72 до 170 пассажиров (рис.4).

Зависимость расхода топлива на холостом ходу от номинальной вместимости имеет вид:

$$R = \frac{1}{-23,34 + \frac{529,77}{Q} + 9,44 \log_{10} Q} \quad (2)$$

Для этой зависимости коэффициент корреляции равен 0,89, критерий Фишера – 20,9, критерий Стьюдента равен 4,2. Значения полученных статистических характеристик говорят о высокой значимости полученной регрессионной модели.

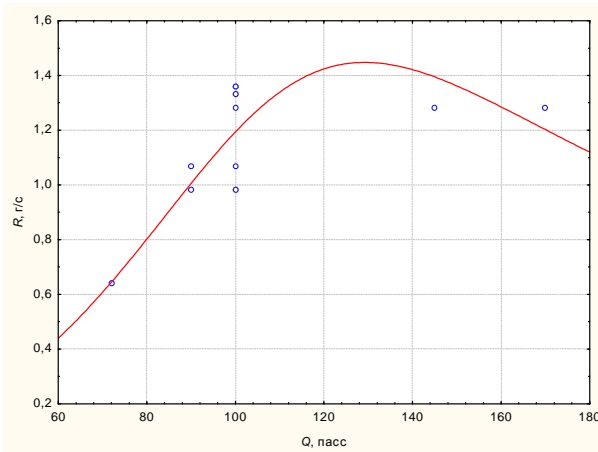


Рис. 4 – Зависимость расхода топлива на холостом ходу от номинальной вместимости автобуса

Городские перевозки пассажиров автобусами в г.Гомеле выполняет автобусный парк №6. Согласно [5] средняя пассажировместимость одного автобуса составляет 125 пассажиров. Из выражения (2) можно найти, что для автобуса средней вместимости расход топлива на холостом ходу равен 1,4 г/с, что при плотности топлива 0,85 т / м<sup>3</sup>, составит 1,65 мл/с. Зная, что средний непроизводительный простой автобуса в зоне остановочного пункта составляет 5 с [4], нетрудно подсчитать, что автобус средней вместимости при этом расходует 8,3 мл топлива. Учитывая, что в среднем за сутки автобусы в г.Гомеле совершают 71,7 ч непроизводительных простоев, можно подсчитать, что при этом они израсходуют 1,65 · 3,6 · 71,7 · 254 = 108,2 тыс. л топлива за год

только в будние дни, что, при цене дизельного топлива 1990 руб./л, эквивалентно затратам в 215,3 млн. руб.

На основании данных табл.2 можно подсчитать, что за каждый час простоя в зоне остановочного пункта троллейбус в среднем потребляет электроэнергии:

- в светлое время суток, в теплое время года  $3 / 2 = 1,5$  кВт, при условии, что время работы электродвигателя компрессора равно времени, в течение которого он выключен;
- в темное время суток, в теплое время года  $1,5 + 0,462 \approx 2$  кВт;
- в темное время суток, в холодное время года  $2 + 15,4 = 17,4$  кВт;
- тогда в среднем независимо от времени суток и поры года  $17,4 / 3 = 5,8$  кВт.

Результаты расчета стоимости топлива (электроэнергии), потребляемых маршрутными транспортными средствами во время непроизводительных простоев на остановочных пунктах, а также связанных с ними совокупных годовых потерь, приведены в табл.3.

Таблица 3 – Расчет потерь от непроизводительных простоев маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах

Вид маршрутного транспортного средства	Средний расход топлива при простоях, мл/с (среднее потребление электроэнергии, кВт/с)	Среднее время непроизводительного простоя на каждом остановочном пункте [3], с	Суммарный суточный непроизводительный простой в г. Гомеле в будний день [3], ч	Стоимость 1 л топлива (1 кВт электроэнергии), руб	Годовые затраты от непроизводительных простоев на топливо (электроэнергию) в г. Гомеле в будние дни, млн. руб	Годовая стоимость потерь времени пассажирами [4], млн.руб	Совокупные годовые потери от непроизводительных простоев, млрд.руб
Автобус	1,4	5	71,7	1990	215,3	5558,2	5,8
Микроавтобус	0,255	0,3	12,7	1990	6,9	102,3	0,1
Троллейбус	(0,0016)	10,3	142,3	(292) [6]	(87,4)	10148,9	10,2
Итого	-	-	226,7	-	309,6	15809,4	16,1

С целью уменьшения суммарного времени простоя маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах рекомендуется:

1. Запретить продажу проездных документов водителями троллейбусов на остановочных пунктах (уменьшится  $t_4$ ).

2. Организовать контрольно-ревизионные проверки наличия проездных билетов на перегонах, а не на остановочных пунктах (уменьшится  $t_4$ ).

3. Пересмотреть расписание движения маршрутных транспортных средств с учетом оптимизации интервалов между следующими друг за другом маршрутными транспортными средствами (уменьшится  $t_1$  и  $t_5$ ).



4. Нормативными документами закрепить следующие положения:

4.1. Маршрутное транспортное средство должно останавливаться для посадки-высадки пассажиров как можно ближе к передней границе остановочного пункта (уменьшится  $t_2$ ).

4.2. Водителю маршрутного транспортного средства разрешено простаивать в зоне остановочного пункта только для осуществления посадки-высадки пассажиров, а также с целью ожидания освобождения остановочного пункта (уменьшится  $t_1$ ,  $t_4$  и  $t_5$ ).

Итак, нами выполнена экономическая оценка непроизводительных простоев маршрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов на примере г.Гомеля. Установлено, что в среднем за сутки автобусы в г.Гомеле совершают 71,7 ч непроизводительных простоев. При этом они израсходуют топлива более чем на 215,3 млн. руб. в год. Микроавтобусы в среднем за сутки в г.Гомеле совершают 12,7 ч непроизводительных простоев, израсходуя при этом топлива более чем на 6,9 млн. руб. в год. Троллейбусы г.Гомеля совершают в среднем 142,3 ч непроизводительных простоев в сутки. При этом они потребят электроэнергии более чем на 87,4 млн. руб. за год. Стоимостная оценка потерь времени пассажирами от непроизводительных простоев маршрутных транспортных средств в зоне остановочного пункта равна 15,8 млрд. руб. за год. Таким образом, совокупные потери от непроизводительных простоев маршрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов г.Гомеля в будние дни составляют более 16,1 млрд. руб. за год.

1.О некоторых вопросах автомобильных перевозок пассажиров: Постановление Совета Министров Республики Беларусь №972 от 30 июня 2008 г. // Эталон - Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2009.

2.Пассажирыские автомобильные перевозки / В.А.Гудков и др.; Под общ. ред. В.А.Гудкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 448 с.

3.Снижение задержек транспортных средств на остановочных пунктах при городских перевозках пассажиров в регулярном сообщении / С.А.Аземша, С.В.Скирковский, С.Л.Лапский, В.Н.Стукачев // Наука и транспорт: Вестник Белорус. гос. ун-та транспорта. – 2009. – №2. – С.21-24.

4.Аземша С.А., Скирковский С.В., Стукачев В.Н. Социально-экономическая оценка временных потерь пассажиров маршрутных транспортных средств в городском регулярном сообщении // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов». – Минск: БНТУ, 2010. – С.64-69.

5.Транспорт в Гомеле [Электронный ресурс] – Гомель, 2009. – Режим доступа: <http://gomeltrans.net/> – Дата доступа: 25.01.2009.

6.Декларация об уровне тарифов на электрическую энергию, отпускаемую республиканскими унитарными предприятиями электроэнергетики ГПО «Белэнерго» для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей: Приказ Министерства экономики Респ. Беларусь №5 от 17 февраля 2010 г. // Эталон - Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2010.

*Получено 16.04.2010*