

На правах рукописи



ЯЦЕНКО СВЕТЛАНА АНАТОЛЬЕВНА

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ
НА ГОРОДСКИХ АВТОБУСНЫХ МАРШРУТАХ В УСЛОВИЯХ
ПРИМЕНЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА РАЗНОЙ ВМЕСТИМОСТИ**

Специальность 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Иркутск - 2012

Работа выполнена на кафедре менеджмента и логистики на транспорте
ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет»

Научный руководитель:

Колганов Сергей Владимирович,
кандидат технических наук, доцент
кафедры менеджмента и логистики на
транспорте ФГБОУ ВПО «Иркутский
государственный технический универ-
ситет»

Официальные оппоненты:

Гудков Владислав Александрович,
доктор технических наук, профессор, за-
ведующий кафедрой автомобильных пе-
ревозок ФГБОУ ВПО «Волгоградский
государственный технический универ-
ситет»

Рубцов Александр Геннадьевич,
кандидат технических наук, доцент, за-
ведующий кафедрой менеджмента
транспортных и технологических систем
ФГБОУ ВПО «Забайкальский государ-
ственный университет»

Ведущая организация:

ФГБОУ ВПО «Сибирский федеральный
университет»

Защита состоится 12 декабря 2012 г. в 10 часов на заседании диссертаци-
онного совета Д 212.073.04 при ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный
технический университет» по адресу: 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
корпус «К», конференц-зал.

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ
ВПО «Иркутский государственный технический университет».

Автореферат разослан 09 ноября 2012 г.

Отзывы на автореферат (два экземпляра, заверенные организацией) про-
сим направлять в адрес диссертационного совета:

664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Д 212.073.04;

e-mail: ds04@istu.edu; факс (3952) 40 58 69

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



Н.Н. Страбыкин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В современных условиях рост числа легковых автомобилей и интенсивности их использования привел к снижению скорости и соответственно увеличению затрат времени населения на поездки. Как показывает практика, увеличение протяженности улично-дорожной сети и числа полос движения лишь на короткое время приводят к улучшению ситуации на дорогах. Есть примеры перехода муниципальных властей к политике стимулирования своих жителей к преимущественному использованию городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП). Для населения общественный транспорт станет привлекательным только тогда, когда сможет составить достойную конкуренцию автомобилям, находящимся в личном пользовании, прежде всего, с точки зрения качества предоставляемых услуг.

Показатели качества пассажирских перевозок регламентируются ГОСТР 51004-96. Особую роль среди них играют затраты времени на передвижение, которые нормируются СНиП 2.07.01-89. В системе ГПТОП этот показатель в значительной степени определяется практикой организации транспортного обслуживания пассажиров на регулярных маршрутах и, в частности тем, какие классы автобусов используются. В последние годы в России на городских перевозках широкое применение нашли автобусы особо малой вместимости (микроавтобусы). Одной из причин их широкого распространения является более высокая скорость сообщения. Однако, чрезмерное увеличение числа микроавтобусов приводит к скоплению их на остановочных пунктах (ОП), отказам в посадке из-за малой вместимости и, в конечном счете, к снижению скорости сообщения и увеличению затрат времени пассажиров на поездки. Кроме этого, в реальной практике в городах широкое распространение получили регулярные маршруты, на которых одновременно используются автобусы различной вместимости. В этой связи задача выбора наиболее эффективного подвижного состава (ПС) для обслуживания пассажиров на регулярных маршрутах в городском сообщении продолжает оставаться актуальной и приобретает новый смысл.

В известных научных трудах решение этой задачи сводится к выбору вместимости автобусов и расчету их необходимого количества. Считается, что при малых пассажиропотоках необходим ПС особо малой вместимости – микроавтобусы. С ростом пассажиропотоков вместимость наиболее эффективного ПС должна увеличиваться. Существующие модели расчета парка ПС для городских маршрутов учитывают только вместимость, количество ПС и зависимые от них интервалы движения между автобусами. При этом напрямую показатели качества обслуживания пассажиров не учитываются. Это связано с недостаточностью знаний о закономерностях влияния вместимости городских автобусов на показатели качества обслуживания пассажиров. В первую очередь это касается времени поездки, которое напрямую влияет на транспортную усталость и через нее на производительность труда. Принципиально важным этот показатель является для пассажиров, следующих относительно далеко, для них важна еще и комфортность поездки.

Рабочая гипотеза состоит в том, что качество обслуживания пассажиров можно значительно повысить за счет сокращения суммарных затрат времени на поездки, если использовать на регулярном маршруте в городском сообщении автобусы разной вместимости.

Целью исследования является повышение качества обслуживания пассажиров в городском сообщении на регулярных маршрутах за счет использования автобусов разной вместимости.

Объектом исследования является процесс перевозки пассажиров в городском сообщении на регулярных маршрутах.

Предметом исследования является показатель качества обслуживания пассажиров на регулярных маршрутах в городском сообщении – общие (суммарные) затраты времени на поездки.

Цель работы обусловила постановку и решение следующих **основных задач**:

1. Разработать имитационную математическую модель, позволяющую оценивать суммарные затраты времени пассажиров на поездки при использовании на регулярном маршруте в городском сообщении автобусов разной вместимости.

2. Провести экспериментальные исследования пассажиропотоков, направленные на выявление основных факторов, влияющих на выбор пассажирами ПС разной вместимости, а также на затраты времени на поездки с точки зрения их минимизации.

3. Научно обосновать методику, позволяющую осуществлять расчет необходимого количества подвижного состава разной вместимости на регулярном маршруте в городском сообщении по критерию минимальных суммарных затрат времени на поездки и дать технико-экономическую оценку.

Обоснованность и достоверность исследований обеспечены широким диапазоном факторов, которые были учтены при разработке математической модели, репрезентативными выборками исследуемых параметров, использованием распространенных статистических критериев, использованием математических функций MS Excel.

Научной новизной обладают:

1. Разработанная имитационная математическая модель оценки качества обслуживания пассажиров на городских автобусных маршрутах, основанная на использовании межостановочной матрицы корреспонденций, которая учитывает влияние транспортного потока на движение автобусов разной вместимости, и позволяет рассчитывать суммарные затраты времени пассажиров на поездки.

2. Новая методика, позволяющая осуществлять расчет необходимого количества подвижного состава разной вместимости на регулярном маршруте в городском сообщении по критерию минимальных суммарных затрат времени на поездки.

3. Установленные зависимости скорости сообщения и средней дальности поездки пассажиров на автобусах разной вместимости от длины регулярного маршрута в городском сообщении.

Практическая значимость работы. Методика, полученная в результате исследований, позволит:

органам местного самоуправления: а) определять для городского регулярного маршрута возможность и (или) целесообразность использовать ПС разной вместимости; б) при допуске перевозчиков к обслуживанию пассажиров на городском регулярном маршруте предъявлять требования к структуре парка автобусов;

предприятиям-перевозчикам: подбирать рациональный состав парка ПС на регулярном маршруте, который они обслуживают;

учебным заведениям, занимающимся подготовкой специалистов по направлению 190701 – «Организация перевозок и управление на транспорте», повысить качество их подготовки путем использования результатов исследований при проведении лабораторных, практических работ, в курсовом и дипломном проектировании.

Реализация результатов работы. Разработанная в диссертации методика, позволяющая определять рациональную структуру парка автобусов с точки зрения снижения суммарных затрат времени пассажиров, применена для организации транс-

портного обслуживания в городах Усть-Куте, Комсомольске-на-Амуре, Иркутске, а также используется в ИрГТУ при подготовке студентов специальности 190701 – «Организация перевозок и управление на транспорте».

Апробация результатов работы. Основные положения диссертационного исследования представлялись в научных докладах и выступлениях: на ежегодных научно-технических конференциях ИрГТУ (2003-2012гг.); на региональных научно-практических конференциях: «Роль предприятий и отраслей транспортной системы в социально-экономическом развитии Прибайкальского региона (Иркутск, 2003г.); «Проблемы и перспективы развития бизнеса на предприятии и в регионе» (Иркутск, 2006г.); на IV Всероссийской научно-технической конференции «Политранспортные системы»: (Красноярск, 2006г.); VI Всероссийской научно-технической конференции «Политранспортные системы Сибири» (Новосибирск, 2009г.); на международной научно-практической конференции «Проблемы функционирования систем транспорта: материалы» (Тюмень, 2010г.); на IV международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем» (Челябинск, 2012г.); на международной научно-практической конференции «Совершенствование образования в области городского транспортного планирования» (Иркутск, 2012г.)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 19 работ, из них 3 публикации – в рецензируемом издании, рекомендованном ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов по работе и 9 приложений. Общий объем составляет 209 страниц машинописного текста, в том числе 182 стр. основного текста, включающего 23 таблицы, 53 рисунка и 9 приложений на 26 стр. Библиографический список содержит 134 наименования.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Для оценки качества обслуживания пассажиров целесообразно использовать имитационную математическую модель, которая учитывает такие факторы как, пассажиропоток, длина маршрута, средняя дальность поездки, интенсивность и плотность транспортного потока.

2. Суммарные затраты времени пассажиров на поездки снизятся, а комфортность улучшится, если использовать на регулярном маршруте автобусы разной вместимости.

3. Выявленные зависимости средней дальности поездки пассажиров и скорости сообщения на автобусах разной вместимости от длины маршрута позволяют распределять транспортный спрос между ПС разной вместимости на регулярных маршрутах в городском сообщении.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формируется цель, отмечается научная новизна и практическая значимость, приводятся сведения о публикациях, структуре и объеме работы.

В первой главе проведен анализ: показателей качества транспортного обслуживания пассажиров на регулярных маршрутах; структуры парка и классификации транспортных средств, используемых для перевозок пассажиров в РФ; методик определения потребности в ПС. Сформулированы выводы и задачи исследования.

Фундаментальные основы повышения эффективности функционирования пассажирского транспорта заложены в работах отечественных ученых: Афанасьева Л. Л., Блатнова М. Д., Болоненкова Г. В., Большакова А. М., Ваксмана С. А., Власова В. М.,

Володина Е. П., Воркута А. И., Герами В. Д., Гудкова В. А., Ефремова И. С., Зырянова В. В., Кобозева В. М., Миротина Л. Б., Михайлова А. Ю., Островского Н. Б., Самойлова Д. И., Спирина И. В., Таранова А.Т. и др.

В настоящее время установлено, что в существующих моделях выбора наиболее эффективного ПС для обслуживания пассажиров на городском маршруте не учитываются такие факторы, как необходимость повышения качества транспортного обслуживания пассажиров, повышенные требования к комфорту и скорости сообщения, особенно при высокой средней дальности поездки пассажира и ее зависимость от длины маршрута. Это приводит к тому, что на маршруте рекомендуется применять только один класс ПС по вместимости.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям в сфере определения рациональной вместимости и количества ПС, необходимого для обслуживания пассажиров на регулярном маршруте в городском сообщении. Большинство математических моделей предполагают, использование на маршруте только одной марки и модели ПС и учитывают ограниченное количество факторов. Одним из недостатков такого подхода является то, что он не учитывает в явном виде показатели качества обслуживания пассажиров и в частности, время поездки. При таком подходе считается, что автобусы движутся свободно и выдерживают заранее заданную скорость. Предлагаемый автором новый подход предполагает, что внешний по отношению к данному автобусу транспортный поток влияет на его скорость сообщения, причем влияние это различается по перегонам, маркам и моделям самих автобусов. Для количественной проверки целесообразности учета этих, а также ряда других факторов, была разработана имитационная модель. Эта модель предполагает определять наиболее эффективный ПС по вместимости, а также его количество с точки зрения минимальных суммарных затрат времени пассажиров на поездки в заданный промежуток времени, например, «час пик». При этом предполагается, что на маршруте будут использоваться одновременно автобусы разной вместимости. Это обстоятельство потребовало корректировку классификации автобусов по ГОСТ 18716-73 (табл. 1).

Таблица 1

Скорректированная классификация ПС по ГОСТ 18716-73 в зависимости от номинальной вместимости и наличия мест для сидения (для городских условий)

№ Класса	Группа	Класс автобуса по вместимости	Номинальная вместимость автобусов, пасс.	Наличие мест	Условное обозначение для расчетов
I	1	Особо малый	9 - 15	только места для сидения	$A^{ма}$
II-A		Малый	16 - 25	только места для сидения	$A^{ма}$
II-B	2	Малый	26-49	места для сидения и места для проезда стоя	$A^{авт}$
III		Средний	50– 79	места для сидения и места для проезда стоя	$A^{авт}$
IV		Большой	80 – 110	места для сидения и места для проезда стоя	$A^{авт}$
V		Особо большой	более 110	места для сидения и места для проезда стоя	$A^{авт}$

Анализ табл. 1 показывает, что все автобусы можно разбить на две группы: первая - ПС только с местами для сидения, вторая - ПС с местами для сидения и про-

езда стоя (все остальные). Известно (и это подтверждают проведенные автором исследования), что автобусы первой группы обеспечивают более высокую скорость сообщения (за счет малой вместимости и габаритов, высокой маневренности, более высоких ускорений при разгоне и торможении, меньших простоев на остановке). Особенно предпочтительны такие автобусы для пассажиров, следующих относительно далеко, на протяженных маршрутах, поскольку сокращают время поездки.

Сущность имитационной модели состоит в следующем. Известен маршрут движения с характеристиками: n -число остановочных пунктов, включая начальный и конечный; $l_{i-(i+1)}$ – длины перегонов между ОП; $(n-1)$ – число перегонов между ОП. Тогда длина маршрута равна сумме длин перегонов:

$$L_m = \sum_{i=1}^{n-1} l_{i-(i+1)}. \quad (1)$$

Известна межостановочная матрица корреспонденций пассажиров с нулевой диагональю:

$$\begin{array}{ccccccc} \mathbf{O} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1i,n} \dots x_{1,n} & & \\ & \mathbf{O} & x_{23} & \dots & x_{2,i} \dots x_{2,n} & & \\ & & & \dots & & & \\ & & & \mathbf{O} & \dots & x_{in} & \\ & & & & & & \mathbf{O} \end{array}, \quad (2)$$

где x – количество пассажиров, вошедших на остановке, соответствующей первой цифре индекса и сошедших на остановке, соответствующей второй цифре индекса.

Сумма всех пассажиров по каждой строке представляет собой число пассажиров вошедших на соответствующем ОП:

$$x_i^s = \sum_{i=i+1}^n x_{i-(i+1)}^c, \quad (3)$$

где x_i^s – число пассажиров, вошедших на i -ом ОП, пасс.; $x_{i-(i+1)}^c$ – число пассажиров, сошедших на $i+1$ -ом ОП, пасс.

Сумма всех пассажиров по каждому столбцу равна всем сошедшим на данном ОП пассажирам:

$$x_i^c = \sum_{i=1}^{i-1} x_{(i-1)-i}^c, \quad (4)$$

где x_i^c – число пассажиров, сошедших на i -ом ОП, пасс.; $x_{(i-1)-i}^c$ – число пассажиров, приехавших с любого с $i-1$ ОП на i -ый ОП, пасс.

Сумма всех вошедших пассажиров равна сумме все сошедших и представляет общий объем перевозок:

$$\sum_{i=i}^{n-1} x_i^s = \sum_{i=2}^n x_i^c = Q. \quad (5)$$

Число пассажиров, проехавших по перегону между i -м и $(i+1)$ -м ОП:

$$x_{i-(i+1)}^n = \sum_{i=1}^i x_i^e - \sum_{i=2}^i x_i^c = x_{(i-1)-i}^n - x_i^c + x_i^e, \quad (6)$$

где $x_{(i-1)-i}^n$ – число пассажиров, проехавших на перегоне между $(i-1)$ -м и i -м ОП, пасс.

Известные длины перегонов между ОП дают возможность построить матрицу расстояний между ОП, которая по структуре будет аналогична матрице корреспонденций (2). Перемножив соответствующие значения этих матриц, можно получить также аналогичную матрицу пассажирооборотов, из которой можно рассчитать среднее расстояние поездки. Кроме того, с точки зрения поставленной цели необходимо знать техническую скорость движения, которая зависит от перегона между ОП. Она может быть задана матрицей-строкой:

$$v_{1-2}, v_{2-3}, v_{3-4}, \dots, v_{i-(i+1)}, \dots, v_{(n-1)-n}. \quad (7)$$

Сама по себе техническая скорость ПС в значительной степени зависит от характеристик транспортного потока, в котором движется автобус. Между скоростью интенсивностью и плотностью существует соотношение, описываемое основной диаграммой транспортного потока (рис. 1).

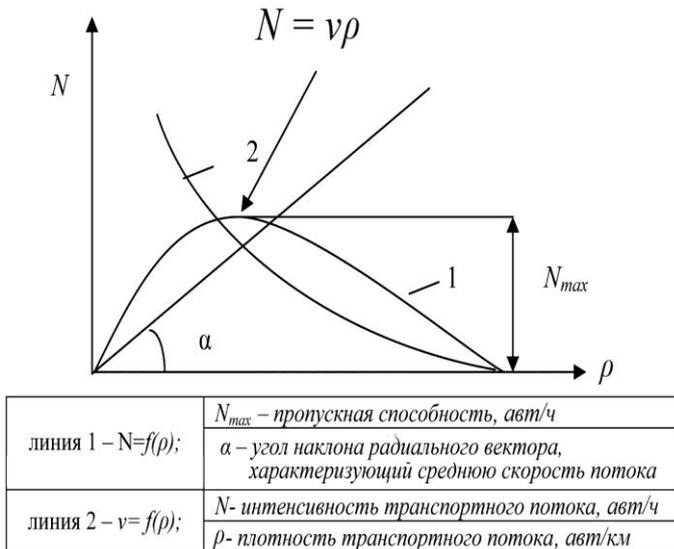


Рис. 1 Основная диаграмма транспортного потока

на перемещение:

$$\sum_{j=1}^Q T_j \rightarrow \min, \quad (9)$$

где $j=1, \dots, Q$ – текущий индекс пассажира; T_j – затраты времени на перемещение j -го пассажира, ч; Q – общее число перевозимых пассажиров, пасс.

Предположим, что известно количество пассажиров, которых необходимо перевезти на отдельном городском маршруте за определенный промежуток времени, за час, за сутки и т.д. Поскольку пассажиры перемещаются на автобусах разных групп, тогда общее количество перевозимых пассажиров вычисляем по формуле:

$$Q = Q^{авт} + Q^{ма}, \quad (10)$$

где $Q^{авт}$, $Q^{ма}$ – число пассажиров, проехавших в автобусах 2-ой и 1-ой группы, пасс (табл. 2. 2).

В модели учтено, что скорости автобусов имеют зависимость от характеристик транспортного потока:

$$v = N / \rho, \quad (8)$$

где v – скорость потока транспортных средств, км/ч; N – интенсивность движения, авт./ч; ρ – плотность потока, авт./км.

Можно принять, что техническая скорость маршрутного автобуса (v_T) равна скорости транспортного потока (v).

В приведенной системе необходимо так организовать перевозки пассажиров, чтобы минимизировать общие затраты времени пассажиров

При этом предполагается, что пассажиру предоставляется разные возможности удовлетворения его потребности в перемещении, в частности использование автобусов разной вместимости (автобусы и микроавтобусы) на одном маршруте, при определенных ограничениях, касающихся характеристик маршрута и внешних дорожных факторов, тогда необходимое количество автобусов:

$$A = A^{aem} + A^{ma}, \quad (11)$$

где A^{aem}, A^{ma} – количество автобусов 2-ой и микроавтобусов 1-ой группы обслуживающих маршрут, ед. (см. табл. 2. 2).

Обозначим j_1 – текущий индекс пассажира, проехавшего на микроавтобусах 1-ой группы и j_2 – текущий индекс пассажира, проехавшего на автобусах 2-ой группы. i_1 – текущий индекс микроавтобуса 1-ой группы и i_2 – текущий индекс автобуса 2-ой группы.

Суммарные затраты времени всех пассажиров на маршруте, по формуле (9) должно быть минимальными. Тогда:

$$\sum_{j=1}^Q T_j = \sum_{j_2=1}^{Q^{aem}} T_{j_2}^{aem} + \sum_{j_1=1}^{Q^{ma}} T_{j_1}^{ma}, \quad (12)$$

где T_j^{aem}, T_j^{ma} – суммарные затраты времени на поездку у пассажиров 2-ой и 1-ой группы автобусов, ч (см. табл. 2. 2).

Первое слагаемое в формуле (2.16) может быть выражено следующим образом:

$$\sum_{j_1=1}^{Q^{aem}} T^{aem} = \sum_{i_2=1}^{A^{aem}} \sum_{j_2=1}^{Q^{aem}} T_{i_2 j_2}. \quad (13)$$

Аналогично, второе слагаемое:

$$\sum_{j_1=1}^{Q^{ma}} T^{ma} = \sum_{i_1=1}^{A^{ma}} \sum_{j_1=1}^{Q^{ma}} T_{i_1 j_1}. \quad (14)$$

На модель необходимо наложить ограничения приведенные ниже.

а) Условие, обеспечивающее удовлетворение транспортного спроса:

$$Q^{aem} + Q^{ma} \geq \Pi, \quad (15)$$

где Π – необходимые пассажироместа на отдельном городском маршруте, пасс. мест.

б) На количество подвижного состава в наличии у перевозчика:

$$1 \leq A^{aem} \leq A_{max}^{aem}; \quad 1 \leq A^{ma} \leq A_{max}^{ma}, \quad (16)$$

где $A_{max}^{aem}, A_{max}^{ma}$ – максимальное количество автобусов 2-ой и 1-ой группы у перевозчика, ед.

в) На интервал движения:

$$t_u^{\min} \leq t_u \leq t_u^{\max}, \quad (17)$$

где $t_u^{\min}, t_u, t_u^{\max}$ – интервал на маршруте соответственно минимальный, заданный и максимальный, ч.

г) На среднее время перемещения пассажиров по маршруту:

$$t_{cp}^{ma} < t_{cp}^{aem}, \quad (18)$$

где $t_{cp}^{ma}, t_{cp}^{авт}$ – среднее время перемещения пассажиров по маршруту на автобусах 1-ой и 2-ой группы, ч.

д) На среднюю дальность поездки пассажиров на маршруте:

$$l_{cp}^{авт} \leq l_{cp}^{ma}; \quad 0 \leq l_{cp}^{авт} \leq L_m; \quad 0 \leq l_{cp}^{ma} \leq L_m, \quad (19)$$

где, $l_{cp}^{авт}, l_{cp}^{ma}$ – средняя дальность поездки пассажиров по маршруту на автобусах 2-ой и 1-ой группы, км.

д) На скорость сообщения на маршруте:

$$v_c^{авт} \leq v_c^{ma}; \quad 10 \leq v_c^{авт} \leq 60; \quad 10 \leq v_c^{ma} \leq 60, \quad (20)$$

где $v_c^{авт}, v_c^{ma}$ – скорость сообщения автобусов 2-ой и 1-ой группы, км/ч.

д) На коэффициент, характеризующий показатель качества обслуживания пассажиров на отдельном маршруте - комфортность поездки:

$$0,1 \leq \gamma_n^{ma} \leq 1; \quad 0,1 \leq \gamma_n^{авт} \leq 0,8, \quad (21)$$

где $\gamma_n^{авт}, \gamma_n^{ma}$ – коэффициенты наполнения автобусов 2-ой и 1-ой группы.

Затраты времени пассажира на перемещение (9) можно представить:

$$T = t_n + t_{ож} + t_{mp} + t_{отх}, \quad (22)$$

где t_n – время на подход к остановке, ч; $t_{ож}$ – время ожидания транспортного средства, ч; t_{mp} – время на поездку в ПС (транспортное время), ч; $t_{отх}$ – время на передвижения от остановки до объекта тяготения, ч.

В данной имитационной модели, поскольку маршрут движения считается жестко заданным, первое и последнее слагаемое в формуле (19) примем равным нулю.

Время ожидания пассажиром транспортного средства на ОП зависит от интервала движения и с учетом возможных отказов в посадке из-за переполненности автобуса можно определить по формуле:

$$t_{ож} = t_u / 2 Q (1 - P_{отк}) + (t_u / 2 + t_u) Q P_{отк}, \quad (23)$$

где $P_{отк}$ – вероятность отказа пассажиру в посадке.

Транспортное время может быть определено следующим образом:

$$t_{mp} = t_{дв} + t_{по} = \frac{l_n}{v_T} + t_{по}, \quad (24)$$

где $t_{дв}$ – время движения пассажира по маршруту, $t_{по}$ – суммарное время простоев автобуса на промежуточных ОП в пути следования; l_n – расстояние поездки пассажира, км (выбирается из матрицы расстояний между ОП).

В третьей главе приведена методика проведения экспериментальных исследований, которая включала в себя три основных этапа (рис. 2).

1 этап – исследования структуры парка автобусов и предпочтений пассажиров при их выборе (на примере г. Иркутска). На этом этапе проведено два исследования: 1) определение структуры пассажирского парка перевозчиков и возможности по удовлетворению транспортного спроса (предоставленный объем пассажиромест); 2) натурное исследование предпочтений пассажиров по выбору транспортных средств соответствующей вместимости в системе ГПТОП г. Иркутска.



Рис. 2. Общая методика проведения экспериментальных исследований

Данные были собраны с помощью информации Управления государственного автодорожного надзора по Иркутской области, Федеральной службы государственной статистики, отчетно-производственной документации транспортных компаний г. Иркутска.

Исследования характеристик выбора пассажирами автобусов разной вместимости в системе ГПТОП проводились с помощью анкетирования. Всего было опрошено 2166 человек.

На втором этапе были проведены экспериментальные обследования пассажиропотоков в соответствии с документом «Методические рекомендации по проведению обследования и определения степени использования общественного транспорта» от 14 февраля 2002г. N ОР-09-23/692. Минимальный объем выборки, обеспечивающий ее достаточную репрезентативность по доле в генеральной совокупности, определялся по формуле:

$$P_n = (t^2 w(1-w)) / \Delta^2, \quad (25)$$

где P_n – минимальный объем репрезентативной выборки (объем перевозок пассажиров или численность населения, подлежащие обследованию); t – кратность ошибки репрезентативности выборки; $w(1-w)$ – степень вариации распределения; Δ – предельно допустимая ошибка репрезентативности выборки.

Средний суточный объем перевозок по всем классам транспортных средств составил 20 356 человек (10,8 % от всей генеральной совокупности). При этом среднее количество автобусов в движении по маршрутам составляло 488 единиц, выборка обследованных автобусов – 204 единицы (41 %). Общий процент исследуемых маршрутов по основным классификационным признакам составил 48 %. Общая трудоемкость всех исследований – 28880 часов.

На третьем этапе проводилось имитационное моделирование оценки качества обслуживания пассажиров на городских автобусных маршрутах. Вычислительный эксперимент проводился с использованием гравитационной модели на основе генератора случайных чисел в среде MS Excel. Алгоритм программы имитационного моделирования представлен на рис. 3.



Рис. 3. Алгоритм имитационного моделирования

ВУЗов, учащиеся техникумов, колледжей, также в выборку попали ученики школ, пенсионеры (13 %), безработные (5 %). Почти половина всех респондентов (48 %) делают выбор в пользу микроавтобусов. Возрастная категория свыше 50 лет – (70 % респондентов) предпочитают автобусы средней и большой вместимости, т.к. расценивают их как более удобный вид транспорта (посадка в автобус без наклона спины, низкие ступеньки, наличие поручней, ширина прохода в салоне и т.п.). Кроме этого, для данного сегмента опрошенных важна льгота в виде проездных билетов, которая действует только в муниципальных автобусах 2-ой группы (табл. 1). В возрастной категории от 18 до 50 лет, наоборот, более 50 % респондентов предпочитают микроавтобусы. В основном это студенты и работающее население. При анализе критериев выбора респондентами микроавтобусов решающим фактором являлась скорость поездки – 38%. Выяснилось, что спрос пассажиров может распределяться в зависимости от регулярности подхода ПС к ОП. Оценка распределения поездок по классам ПС показала, что выбор в пользу микроавтобусов происходит на расстоянии передвижения свыше 5–8 километров в зависимости от длины маршрута.

На втором этапе экспериментальных обследований пассажиропотоков были выявлены диапазоны скоростей сообщения по ПС в зависимости от длины маршрута (табл. 3).

В четвертой главе приведены результаты исследований. Анализ возможностей удовлетворения транспортного спроса в г. Иркутске показал, что из 2403 единиц ПС, 1321 относятся к классу особо малых автобусов (55 %), большее количество из них занимают марки Ssang Yong Istana, Hyundai Grace и ГАЗ-322132 (вместимостью от 11–15 мест). Всего в г. Иркутске более девятиста марок ПС и их модификаций. Выявлено большое количество перевозчиков, многие из которых обладают от одной до четырех единиц ПС. При этом микроавтобусы, занимающие 55 % в структуре парка ПС в г. Иркутске, могут предоставить только 24 % необходимых пассажирских мест.

При помощи анкетирования были выявлены предпочтения при выборе пассажирами автобусов разной вместимости в системе ГПТОП. Наибольшую долю респондентов, принимавших участие в исследовании, составили: (42 %) – работающее население, 27 % – студенты

Таблица 3

Диапазоны скоростей сообщения в зависимости от длины маршрута
(по результатам исследований в г. Иркутске)

Класс ПС	Длина маршрута, км	Диапазон средних скоростей сообщения, км/ч
I, II-A класс	5-9	21-22
	10-26	26-36
II-B, III класс	любая	21-28
IV класс	любая	18-23

Обработка результатов исследования городских маршрутов показала, что в среднем скорость сообщения автобусов I, II-A классов на 25 % выше скорости автобусов II-B, III классов и на 18 % больше IV класса. При сплошном исследовании пассажиропотока на одном маршруте скорость сообщения микроавтобусов в часы «пик» оказалась выше на 30 – 40 % относительно других классов ПС (рис. 4).

Исследование средней дальности поездки пассажиров по городским маршрутам показало, что микроавтобусы пассажирами воспринимаются в утренний и межпиковый период как вид транспорта, на котором желательно передвигаться на большие расстояния. К вечернему времени эти предпочтения исчезают. Кроме этого прослеживается закономерность в том, что отличия по классам ПС малой, средней и большой вместимости (то есть, где есть места для проезда стоя и места для сидения) для пассажиров не очевидны, эти автобусы не воспринимаются как скоростной вид транспорта. Средняя дальность поездки пассажиров на автобусах I, II-A классов выше в среднем более чем на 40 %, чем на автобусах II-B, III, IV классов при одной длине городского маршрута.

При сравнении средней дальности поездки пассажиров в зависимости от длины маршрута и класса ПС подтвердилась та же закономерность на маршрутах с длиной более 10 км (рис. 5).

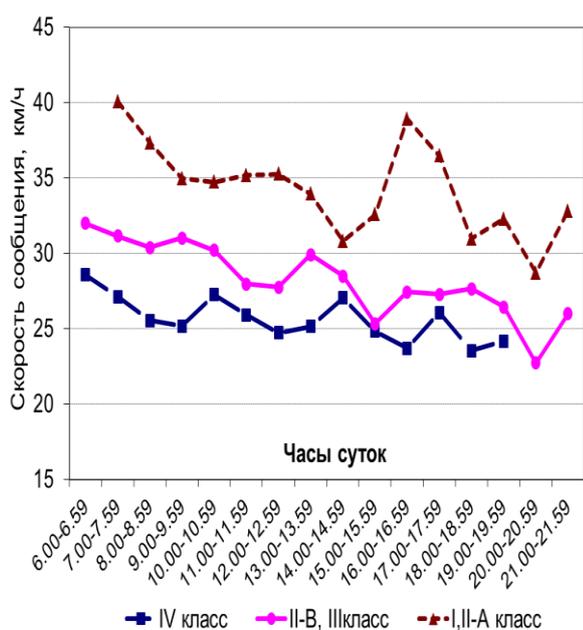


Рис. 4. Распределение скорости сообщения по классам ПС

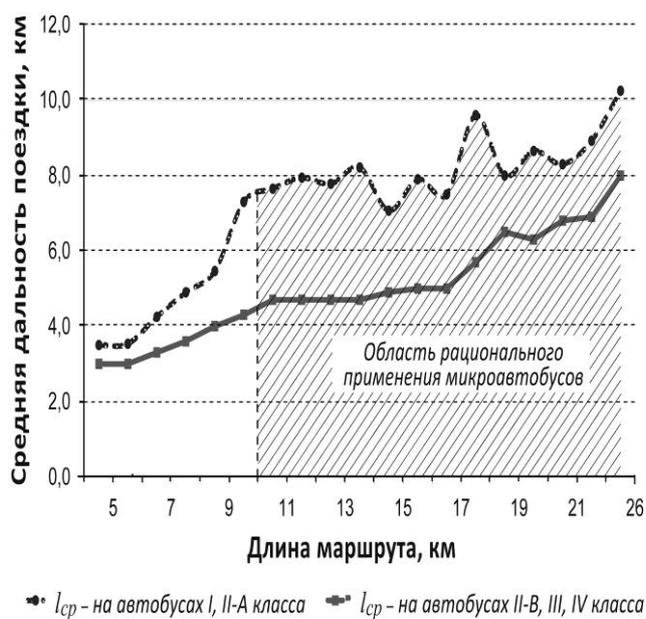


Рис. 5. Зависимость средней дальности поездки от длины маршрута и класса ПС

Статистическая обработка результатов исследования средней дальности поездки пассажиров показала, что в целом характер их распределения близок к нормальному, что позволяет применять t -критерий Стьюдента (рис. 6).

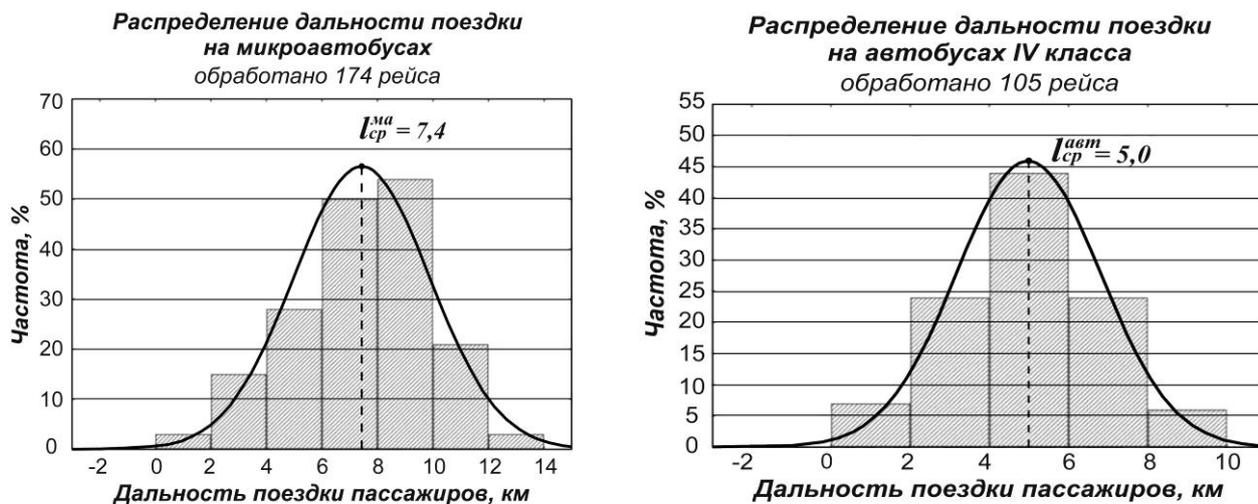


Рис. 6. Распределение средней дальности поездки пассажиров на автобусах 1-ой и 2-ой группы при сплошном обследовании

Критерий Стьюдента при сравнении дальности поездки пассажиров на I, II-A и II-B, III классе автобусов, а также при сравнении I, II-A и IV класса превышает критическое значение. Это означает, что при прочих равных условиях средняя дальность поездки пассажиров отличается по классам ПС и определяет выбор пассажирами вместимости городских автобусов (рис. 7). Поэтому гипотеза о том, что качество обслуживания пассажиров можно значительно повысить за счет сокращения суммарных

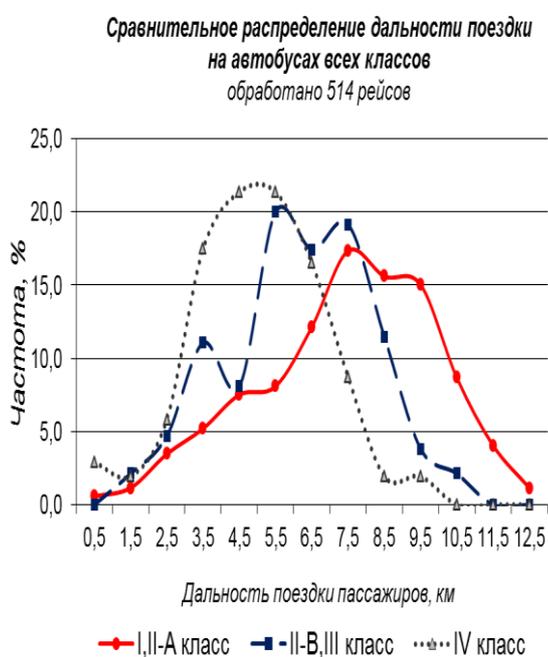


Рис. 7. Наложение распределений средней дальности поездки пассажиров по классам ПС при сплошном обследовании

затрат времени на поездки, если использовать на регулярном маршруте в городском сообщении автобусы разной вместимости подтверждена.

В целом исследования показали, что на протяженных маршрутах в соответствии с табл. 1 целесообразно использовать ПС двух групп. К первой группе отнесены автобусы I и II-A классов, где имеются только места для сидения. Ко второй группе отнесены автобусы малого, среднего (II-B, III) классов или большие и особо большие (IV, V классы). Автобусы второй группы будем считать основными, а автобусы первой группы – вспомогательными.

Экспериментальные исследования в г. Иркутске также позволили получить современные технико-эксплуатационные показатели работы микроавтобусов. Данные были использованы при последующем имитационном моделировании (табл. 4).

Таблица 4

Диапазоны изменения основных технико–эксплуатационных показателей работы микроавтобусов (по результатам исследований в г. Иркутске)

Показатель	Среднее значение	Диапазоны средних значений по маршрутам
Коэффициент использования вместимости	0,5	0,4-0,7
Скорость сообщения, км/ч	28	19-36
Средняя дальность поездки, км	7,3	3-10
Коэффициент сменности	1,9	1-2,7

Имитационное моделирование позволило выбрать рациональное решение по вместимости и количеству автобусов на городском маршруте с точки зрения минимальных суммарных затрат времени на поездку. Графически возможности по сокращению затрат времени пассажирами на поездки по типовой и предлагаемой методикам представлены на рис. 8. В данном примере (рис. 8) показано несколько возможных вариантов решения задачи по подбору парка ПС в зависимости от транспортного спроса на автобусах разной вместимости в сравнении с типовой методикой выбора ПС. В частности, по типовой методике суммарное время пассажиров на маршруте рассчитано при условии, что весь объем перевозок освоен автобусами большой вместимости. В соответствии с разработанной методикой предложено три варианта освоения пассажиропотока.

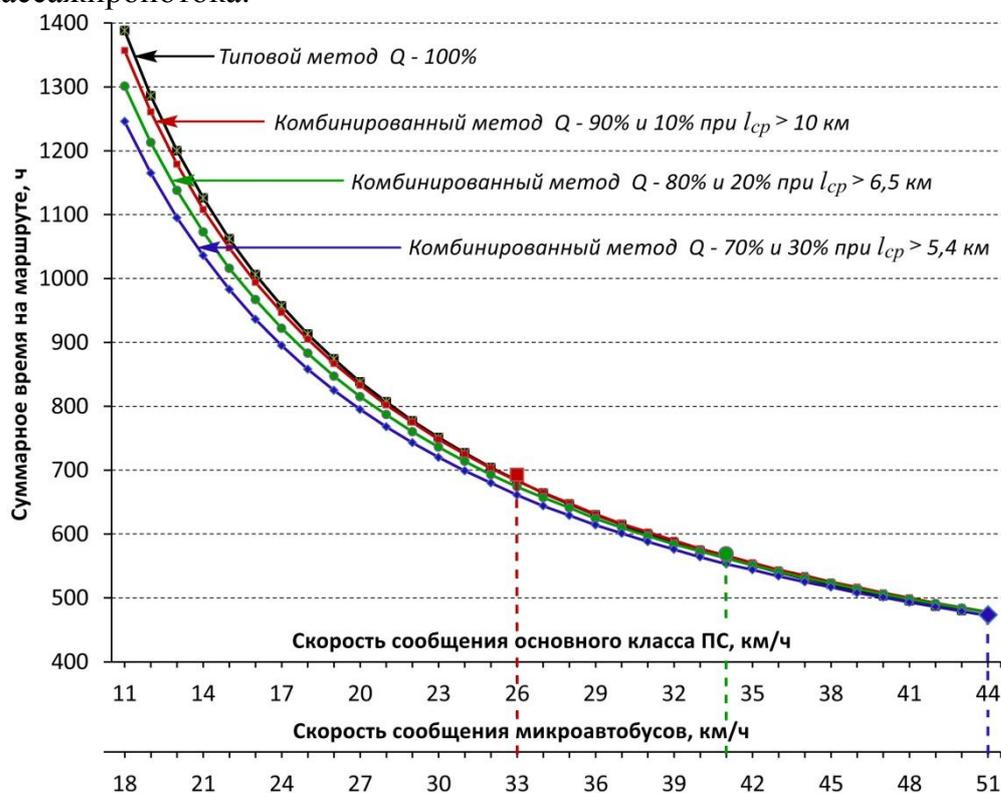


Рис. 8. Пример результатов моделирования суммарных затрат времени на поездку по типовой и предложенной методикам при заданных соотношениях объема перевозок (длина маршрута 14 км)

Первый вариант. Смоделировано условие, при котором 90 % от всего пассажиропотока освоено автобусами большой вместимости и 10 % микроавтобусами. Дальность поездки пассажиров для микроавтобусов более 10 км.

При такой ситуации, время затрачиваемое пассажирами на перемещение, можно сократить, если интенсивность и плотность транспортного потока, позволят развивать скорость сообщения основного класса ПС менее 26 км/ч, микроавтобусов менее 33 км/ч. При существующих средних скоростях движения автобусов – 21 км/ч, а микроавтобусов – 28 км/ч в г. Иркутске предложенная методика сокращает суммарные затраты времени пассажиров на 5 часов (рис. 8).

Второй вариант. Смоделировано условие, при котором 80 % от всего пассажиропотока освоено автобусами большой вместимости и 20 % микроавтобусами. Дальность поездки пассажиров для микроавтобусов более 6,5 км. В такой ситуации при заданных скоростях сообщения суммарное время, затрачиваемое пассажирами на перемещение, сократилось на 20 часов (рис. 8).

Третий вариант. Смоделировано условие, при котором 70 % от всего пассажиропотока освоено автобусами большой вместимости и 30 % микроавтобусами. Дальность поездки пассажиров для микроавтобусов более средней ее величины для всех пассажиров данного маршрута – 5,4 км. В такой ситуации при тех же заданных скоростях сообщения, как и для первого варианта, суммарное время, затрачиваемое пассажирами на перемещение, сокращается на 39 часов (рис. 8).

Предположим, что ограничения на ПС у перевозчиков определяют второй вариант предложенной ситуации (рис. 9).

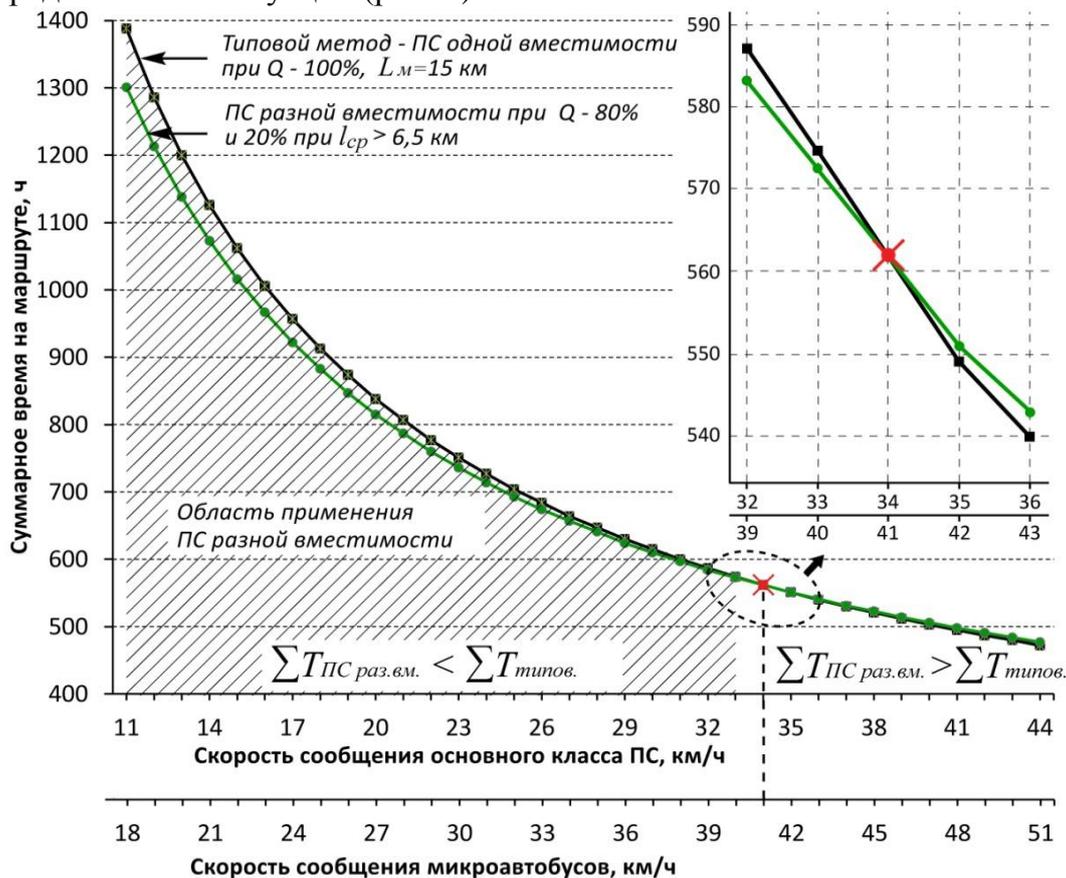


Рис. 9. Пример результатов моделирования суммарных затрат времени на поездку по типовой и предложенной методикам (при соотношениях объема перевозок 80% - автобусы основного класса, 20% - микроавтобусы)

Тогда при моделировании ситуации с применением ПС разной вместимости сокращение времени на поездку у пассажиров микроавтобусов составит 5 мин на одного человека (при средних скоростях движения автобусов - 21 км/ч, микроавтобусов - 28 км/ч).

Необходимое количество автобусов разной вместимости для приведенного примера представлено на рис. 10.

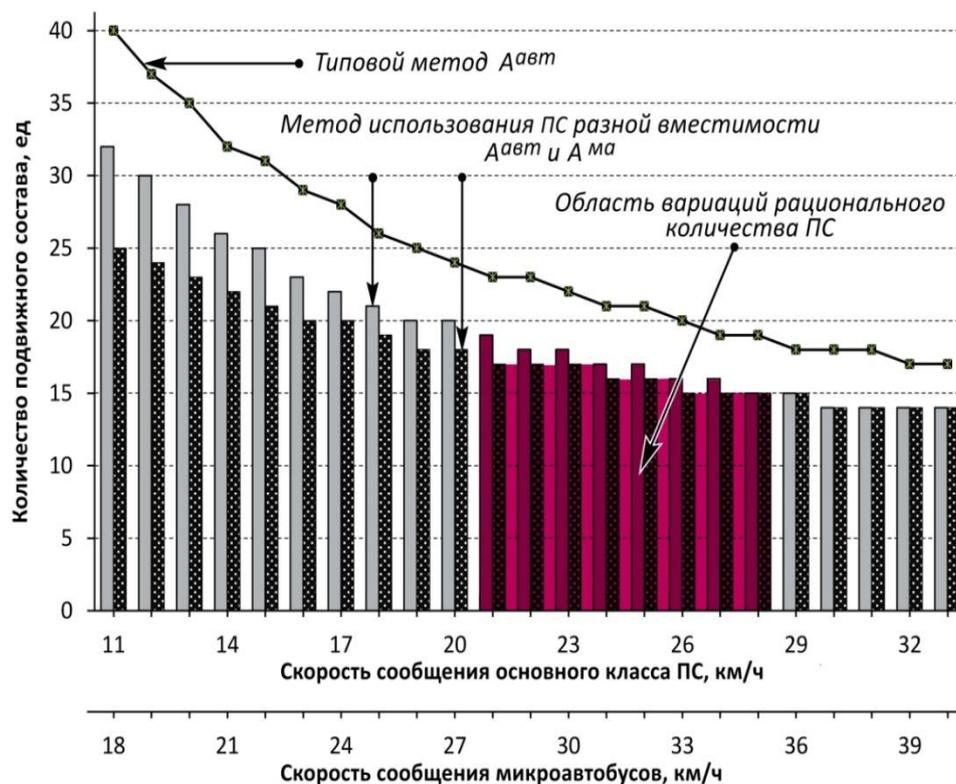


Рис. 10. Пример результатов моделирования по расчетному количеству автобусов основного класса и микроавтобусов на городском маршруте

Необходимо отметить, что их количество будет зависеть от средних скоростей движения по данному маршруту, поэтому следует рассматривать всю область вариаций, при которой возможно снизить затраты времени пассажиров на поездки.

Результаты повышения качества перевозки пассажиров в диссертационной работе могут быть оценены путем определения цены времени, сэкономленного пассажирами на передвижение, и того эффекта, который достигается от снижения уровня их транспортной усталости.

Экономия времени на передвижения способствует увеличению доли свободного времени пассажиров, что является важным фактором социального значения. Снижение транспортной усталости непосредственно связано с сохранением их физической и нервной энергии и, следовательно, с уровнем производительности и качеством их труда. Экономический эффект от внедрения методики, позволяющей осуществлять расчет потребного количества подвижного состава по критерию минимальных суммарных затрат времени на поездки в г. Иркутске, составил более 13 000 рублей за год на одного жителя города за счет прироста величины национального дохода вследствие роста индивидуальной производительности труда, из-за снижения уровня транспортной усталости.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана имитационная математическая модель, позволяющая оценивать суммарные затраты времени пассажиров на поездки на регулярном маршруте в городском сообщении в зависимости от межостановочной матрицы корреспонденций, длины маршрута, матрицы расстояний поездок пассажиров, интенсивности и плотности транспортного потока.

2. Экспериментальные исследования, направленные на выявление основных факторов, влияющих на выбор пассажирами ПС разной вместимости, позволили установить:

- возраст и принадлежность пассажира к социальной категории в значительной степени определяют предпочтения пассажиров при выборе автобусов;
- высокая дальность поездки пассажиров (более 5–8 км) на городских маршрутах (длиной более 10 км) делает целесообразным использование микроавтобусов с местами только для сидения.

3. Проведенное в г. Иркутске обследование пассажиропотоков выявило:

- средняя скорость сообщения микроавтобусов на 25 % выше скорости автобусов большой и на 18 % – средней вместимости;
- зависимость скоростей сообщения ПС разной вместимости от длины городского маршрута;
- зависимость дальности поездок пассажиров ПС разной вместимости от длины городского маршрута.

4. Имитационное моделирование показало, что при существующей интенсивности движения и плотности транспортного потока в г. Иркутске использование автобусов разной вместимости на городских маршрутах позволяет сокращать время на поездку от 5 мин. и более на одного человека.

5. На основе имитационной модели научно обоснована методика, позволяющая осуществлять расчет требуемого количества подвижного состава на регулярном маршруте в городском сообщении по критерию минимальных суммарных затрат времени на поездки.

6. Экономический эффект от внедрения методики выбора ПС разной вместимости органами местного самоуправления в г. Иркутске составил более 13000 рублей за год на одного жителя города.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих печатных работах:

- в изданиях из перечня ВАК РФ:

1. *Яценко С.А.* Анализ современного состояния и перспективы развития городских автобусных перевозок (на примере г. Иркутска) / *С.А. Яценко* // Вестник ИрГТУ. 2010. №5 (45). С. 171–176.

2. *Яценко С.А.* Классификация автобусных транспортных средств в системе городского пассажирского транспорта / *С.А. Яценко* // Вестник ИрГТУ. 2011. №10 (57). С. 138–143.

3. *Яценко С.А.* Маркетинговые исследования спроса на рынке пассажирских транспортных услуг в г. Иркутске / *С.А. Яценко, С.В. Колганов* // Вестник ИрГТУ. 2012. №5 (64). С. 122–128.

- в научных рецензируемых изданиях и сборниках трудов:

4. *Яценко С.А.* Анализ деятельности конкурентов автотранспортного предприятия / *С.А. Яценко* // Роль предприятий и отраслей транспортной системы в социально-

экономическом развитии прибайкальского региона. Материалы научно-практической конференции. Иркутск: БГУЭП. 2003. С. 61–65.

5. *Яценко С.А.* Разработка стратегии развития автотранспортного предприятия в условиях рынка / *С.А. Яценко* // Роль предприятий и отраслей транспортной системы и связи в социально-экономическом развитии региона. Материалы научно-практической конференции. Иркутск: БГУЭП. 2003. С. 167–176.

6. *Яценко С.А.* Проект концепции развития городского общественного пассажирского транспорта / *С.А. Яценко* // Проблемы и перспективы развития бизнеса на предприятии и в регионе. Сборник научных трудов. Иркутск: БГУЭП. 2006. С. 172–178.

7. *Яценко С.А.* Результаты обследования пассажиропотоков на маршрутных такси Иркутска / *С.А. Яценко, С. В. Колганов* // Политранспортные системы. Материалы IV Всероссийской научно – технической конференции. Красноярск: Красноярский государственный технический университет. 2006. С. 77–82.

8. *Яценко С.А.* Проблемы организации перевозок пассажиров маршрутными такси в г. Иркутске / *С.А. Яценко, С.В. Колганов* // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния. Материалы XIII Международной научно-практической конференции. Екатеринбург: АМБ. 2007. С. 222–226.

9. *Яценко С.А.* Исследование эффективности использования автобусов разных классов на городских маршрутах / *С.А. Яценко, С.В. Колганов* // Политранспортные системы Сибири. Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции. Новосибирск: СГУПС. 2009. С. 423–427.

10. *Яценко С.А.* Особенности обследования перевозок пассажиров на автобусах особо малой и малой вместимости г. Иркутска / *С.А. Яценко, Н.В. Тарханова* // Социально-экономические проблемы региона. Материалы научно-практической конференции. Иркутск: Иркутский государственный технический университет. 2010. С. 152–155.

11. *Яценко С.А.* Обследование пассажиропотоков в современных условиях / *С.А. Яценко, Н.В. Тарханова* // Устойчивое развитие городов. Управление проектами и программами городского и регионального развития. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Харьков: Харьковская национальная академия городского хозяйства. 2010. С. 19–21

12. *Яценко С.А.* Анализ структуры парка транспортных средств, используемых на городских пассажирских перевозках / *С.А. Яценко, С.В. Колганов* // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем. Материалы II Международной научно-практической конференции. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2010. С. 127–132.

13. *Яценко С.А.* Организационные проблемы функционирования систем пассажирского транспорта в городах / *С.А. Яценко, С.В. Колганов* // Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы международной научно-практической конференции. Тюмень: ТюмГНГУ. 2010. С. 165–166.

14. *Яценко С. А.* Проблема перевозки пассажиров льготных категорий частным транспортом / *С.А. Яценко, С.В. Колганов, Н. В. Тарханова* // Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы международной научно-практической конференции. Тюмень: ТюмГНГУ. 2010. С. 330–331.

15. *Яценко С.А.* Организационные основы функционирования городского пассажирского транспорта общего пользования / *С.А. Яценко, С.В. Колганов* // Проблемы

и перспективы развития автотранспортного комплекса. Материалы всероссийской научно-практической (заочной) конференции с международным участием. Магадан: СВГУ. 2011. С. 120–122.

16. *Яценко С.А.* Вопросы выбора пассажирами подвижного состава при городских перевозках / *С.А. Яценко, Н.В. Тарханова, А.О. Морозова* // Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУЮ. 2012. С. 334–339.

17. *Яценко С.А.* Исследования транспортной подвижности льготных категорий населения г. Иркутска / *С.А. Яценко, Н.В. Тарханова, Е.С. Зайцева* // Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем. Материалы IV Международной научно-практической конференции – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУЮ. 2012. С. 296–301.

18. *Яценко С.А.* Новые подходы к методам обследования городских пассажиропотоков / *С.А. Яценко, П.Е. Загibalов* // Социально-экономические проблемы региона. Материалы научно-практической конференции. Иркутск: Иркутский государственный технический университет. 2012. С. 98–103.

19. *Яценко С.А.* Повышение эффективности городских пассажирских перевозок на основе применения оптимальной структуры парка / *С.А. Яценко, А.С. Константинов, М.А. Матвеева* // Совершенствование образования в области городского транспортного планирования. Материалы международной научно-практической конференции. Иркутск: Иркутский государственный технический университет. 2012. С. 86–90.



Подписано в печать 1.11.2012. Формат 60 х 90 / 16.
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1,5.
Тираж 100 экз. Зак. 172. Поз. плана 10н.

Лицензия ИД № 06506 от 26.12.2001
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83