

На правах рукописи

ЗЕДГЕНИЗОВ Антон Викторович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
НА ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТАХ ГОРОДСКОГО
ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Иркутск 2008

Работа выполнена в Иркутском государственном техническом университете.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Головных Иван Михайлович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Зырянов Владимир Васильевич

кандидат технических наук, доцент
Рубцов Александр Геннадьевич

Ведущая организация : Сибирская автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)

Защита состоится « 9 » декабря 2008 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.073.04 в ГОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет» по адресу: 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83, корпус «К», конференц-зал

Отзыв на автореферат в 2-х экземплярах, с подписью составителя и заверенный печатью организации просим выслать в адрес диссертационного совета на имя его ученого секретаря. Факс: (3952) 40-50-69

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке Иркутского государственного технического университета по адресу: 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83,

Автореферат разослан « ___ » _____ 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета,
доктор технических наук, профессор _____ Н. Н. Страбыкин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Переход страны к рыночной экономике обусловил изменения в организации пассажирских перевозок. В настоящее время значительная часть перевозок осуществляется частными предприятиями, в результате чего наблюдается:

- использование разнотипного подвижного состава (ПС), вместимость которого варьируется в пределах от 11 до 110 мест;
- формирование маршрутов с высокой плотностью движения в связи с преимущественным использованием ПС малой и средней вместимости;
- увеличение количества маршрутов, в результате чего на отдельных участках улично-дорожной сети (УДС) интенсивность движения городского пассажирского транспорта (ГПТ) достигает 250-300 ед/ч, что не соответствует градостроительным и техническим нормам;
- несоблюдение графиков движения, а иногда и полный отказ от диспетчеризации.

В рамках рассматриваемой проблемы особое место занимает организация движения ГПТ на остановочных пунктах (ОП), пропускная способность которых часто не соответствует интенсивности движения маршрутных транспортных средств (ТС). Остановочные пункты с недостаточной пропускной способностью создают значительные помехи движению транспортных потоков на магистральных улицах и становятся причиной возникновения заторов.

Данная работа посвящена совершенствованию норм проектирования ОП ГПТ, повышению эффективности организации дорожного движения и качества транспортного обслуживания пассажиров в целом.

Рабочей гипотезой является предположение о том, что в условиях использования разнотипного подвижного состава, наличия плотных транспортных потоков и насыщения улично-дорожной сети средствами регулирования, методы расчета пропускной способности и геометрических параметров ОП должны учитывать вероятностные характеристики транспортного потока, что позволит существенно повысить эффективность организации движения ГПТ на ОП.

Целью работы является снижение задержек на остановочных пунктах, что приводит к увеличению эксплуатационной скорости и производительности ГПТ.

Задачи исследования:

1. Теоретически обосновать выбор модели расчета пропускной способности остановочного пункта с учетом особенностей организации пассажирских перевозок в городах РФ.

2. На основе вероятностных характеристик транспортного потока установить:

- время освобождения остановочного пункта в зависимости от интенсивности на крайней правой полосе и класса транспортного средства;
- время обслуживания пассажиров на остановочном пункте в зависимости от удельного пассажирообмена;

- максимальное значение удельного пассажирообмена для транспортных средств различного класса;

- границу влияния регулируемых пресечений на пропускную способность ОП.

3. Определить условия организации пассажирских перевозок без очередей на ОП, как со стороны пассажиров, так и со стороны транспортных средств.

4. Разработать методику расчета пропускной способности и геометрических параметров ОП.

Объект исследования – процесс обслуживания пассажиров городским пассажирским транспортом на остановочном пункте.

Предмет исследования - пропускная способность остановочного пункта.

Научную новизну представляют:

- выявленная зависимость времени освобождения ОП от интенсивности движения на крайней правой полосе, класса транспортного средства и ситуации, при которой приходится совершать маневр по объезду впереди стоящего ТС;

- установленная связь между временем обслуживания пассажиров на остановочном пункте в зависимости от величины удельного пассажирообмена;

- максимальные значения удельного пассажирообмена для транспортных средств различного класса;

- граница влияния регулируемых пресечений на пропускную способность остановочного пункта;

- условия функционирования ГПТ без очередей на остановочных пунктах, как со стороны пассажиров, так и со стороны транспортных средств.

Обоснованность и достоверность исследований представлена множественным коэффициентом детерминации, значения которого не ниже 0,88 для всех уравнений регрессии, критериями Стьюдента и Фишера - Снедекора, значения которых выше критических для рассматриваемых условий.

Практическая значимость работы. Разработанная методика расчета пропускной способности ОП ГПТ на основе заданного пассажирообмена позволяет: для проектировщиков - определить значения пропускной способности ОП для ТС различного класса; для перевозчиков – установить количество и класс ТС, которые с наименьшими затратами и требуемым качеством позволяют осуществлять пассажирские перевозки.

Реализация результатов работы. Результаты исследований внедрены в АНО «Институт Проблем Безопасности Движения» при подготовке текста ОДМ «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог» (по заданию Росавтодора Минтранса России №101/08-25 от 12.05.2008 г.). Разработанная компьютерная программа расчета пропускной способности и геометрических параметров ОП в среде Microsoft Excel используется при подготовке инженеров по специальности «Организация и безопасность движения» в ИрГТУ.

Апробация работы. Материалы исследований обсуждались и получили одобрение: на 7-й и 8-й международных научно-практических конференциях

“Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах” (г. С-Петербург, 2006 и 2008 г.г.), на XII и XIII международных научно-практических конференциях «Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния» (г. Екатеринбург, 2006 и 2007 г.г.), ежегодных научно-технических конференциях ИрГТУ (Иркутск, 2005-2007 г.г.), а также демонстрировались на региональной выставке «Транспорт и дороги Сибири – Сибавтосалон» (Иркутск 2006 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 работ объемом 2,5 условных печатных листа, из них 2 публикации – в рецензируемом издании, рекомендованном ВАК РФ для кандидатских диссертаций.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и выводов по работе, изложена на 128 страницах машинописного текста, включает 42 таблицы, 53 рисунка, источников литературы из 110 наименований, 4-х приложений на 59 страницах.

Научные положения, выносимые на защиту:

- в условиях плотных транспортных потоков учет влияния интенсивности движения ТС на крайней правой полосе, класса ТС ГПТ и возникающей ситуации, при которой приходится совершать маневр по объезду впереди стоящего ТС, позволяет максимально точно определять время освобождения ОП;

- учет времени обслуживания пассажиров, находящегося в прямой зависимости от удельного пассажирообмена, позволяет определять условия функционирования ГПТ без очередей на ОП, как со стороны пассажиров, так и со стороны ТС;

- граница влияния регулируемых пересечений на пропускную способность ОП определяется характером вероятностных распределений интервалов времени между ТС в сечениях транспортного потока;

При выполнении данной работы в консультировании принимали участие И. М. Головных, А. Ю. Михайлов, В. Г. Зедгенизов, В. П. Федорко А. Г. Левашев, которым автор выражает свою глубокую благодарность.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе проведен анализ работ в области исследования параметров, влияющих на пропускную способность ОП, который показал, что проблемы совершенствования организации дорожного движения на ОП отражены в трудах Афанасьева Л.Л., Михайлова А.Ю., Головных И.М., Блатнова М.Д., Володина Е.П., Варелопуло Г.А., Гудкова В.А., Миротина Л.Б., Ефремова И.С., Герами В.Д., Спирина И.В., Таранова А.Т., Хейт Ф., Чернова Г.А., Fernandez R., и ряда других авторов, а так же в руководствах Highway Capacity Manual (HCM 1985-2000). При этом рассмотрены основные параметры функционирования ОП, используемые при проведении расчетов пропускной способности и геометрических параметров ОП.

Анализ специальной литературы показал, что наиболее важными параметрами при расчете пропускной способности ОП являются время обслуживания пассажиров, время освобождения и влияние регулируемых пересечений на пропускную способность остановочного пункта.

Во второй главе произведено обоснование выбора модели пропускной способности остановочного пункта и изложены теоретические аспекты определения параметров, входящих в рассматриваемую модель.

Анализ предложенных отечественными и зарубежными специалистами моделей функционирования остановочных пунктов показал, что наиболее полной является модель НСМ 2000:

$$B_s = N_{eb} \cdot B_{bb} = N_{eb} \cdot \frac{3600 \cdot (G/C)}{t_c + t_d \cdot (G/C) + Z_a \cdot C_v \cdot t_d}, \quad (1)$$

где B_s – пропускная способность ОП, ед/ч; N_{eb} – эффективное число остановочных мест, ед.; B_{bb} – пропускная способность одного остановочного места, ед/ч; G/C - отношение длительности разрешающего сигнала светофора к общему циклу регулирования; t_c - время освобождения ОП, с; Z_a - коэффициент вероятности отказа в заявке на обслуживание; t_d - время обслуживания пассажиров на ОП, с; C_v - коэффициент вариации времени обслуживания пассажиров на ОП.

Вместе с тем практическое применение этой модели возможно только после корректировки значений ее расчетных параметров на основе исследований особенностей дорожного движения в российских городах.

Время освобождения ОП t_c – время с момента начала движения ТС до момента его «вливания» в общий транспортный поток. В методике НСМ 2000 рассматривается только один фактор, влияющий на время освобождения ОП – интенсивность общего потока ТС на крайней правой полосе. Причиной этого явилось предположение об использовании однотипного или схожего по своим техническим характеристикам ПС. Во многих городах России для городских перевозок используется ПС, различающийся по типу, классу, маркам, количеству дверей и т.д. (рис. 1). Следовательно, при определении времени освобождения ОП необходимо учитывать класс ТС.

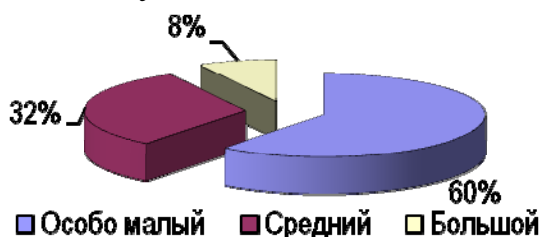


Рис. 1. Структура парка подвижного состава (г. Иркутск, 2007 г.)

Время обслуживания пассажиров t_d - время с момента полной остановки ТС на ОП до момента начала движения. На время обслуживания оказывают влияние различные факторы: вместимость ТС, величина пассажирообмена, время посадки и высадки одного пассажира, технические характеристики ПС, способ оплаты проезда, среднестатистический возраст населения, рассматриваемого района и др. На основе анализа перечисленных факторов предлагается время обслуживания определять по следующей зависимости:

$$t_d = P_a \cdot t_a + P_b \cdot t_b + t_{oc}, \quad (2)$$

где P_a - количество выходящих пассажиров, пасс; t_a - время, затраченное на высадку одного пассажира, с; P_b - количество входящих пассажиров, чел.; t_b - время, затраченное на посадку одного пассажира, с; t_{oc} - время, затраченное на открывание и закрывание дверей, с.

Вероятность отказа в заявке на обслуживание – это вероятность прибытия на остановочное место, занятое другим ТС (вероятность образования очереди). Коэффициент Z_a характеризует вероятность того, что время обслуживания пассажиров может превысить среднее значение \bar{t}_d (заштрихованная область рис. 2). При условии нормального распределения времени обслуживания пассажиров, коэффициент Z_a рассматривается как стандартная нормальная переменная:

$$Z_a = \frac{\Delta t_i}{S}, \quad (3)$$

где Δt_i - отклонение i -ого случая от среднего значения \bar{t}_d , с; S – стандартное отклонение.

$$S = C_v \cdot \bar{t}_d \quad (4)$$

$$\Delta t_i = S \cdot Z_a = C_v \cdot \bar{t}_d \cdot Z_a \quad (5)$$

Так, например, вероятности отказа в заявке на обслуживание в 10% соответствует значение коэффициента $Z_a = 1,28$.

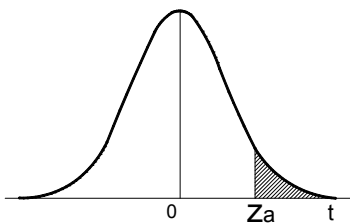


Рис. 2. Нормальное распределение

В условиях насыщения городов техническими средствами регулирования и роста плотности транспортных потоков, регулируемые пересечения оказывают существенное влияние на распределение интервалов прибытия маршрутных ТС к ОП и вероятность возникновения очередей.

Влияние регулируемых пересечений на пропускную способность ОП учитывается в модели параметром отношения времени разрешающего сигнала к общей длительности цикла регулирования G/C . Параметр учитывает рассредоточенность ТС, прибывающих на ОП с ближайшего регулируемого пересечения. Однако, границы влияния между регулируемым пересечением и ОП не учитывается. Это можно сделать на основе анализа распределения интервалов времени между ТС в отдельных сечениях транспортного потока.

Пропускная способность ОП зависит от количества расположенных на нем мест. При линейной схеме функционирования пропускная способность растет непропорционально увеличению числа мест для высадки и посадки пассажиров. В модели (1) предусмотрен параметр - эффективное число мест N_{eb} . По результатам анализа различных источников при линейной схеме функционирова-

ния рекомендуется не более 4 мест. В противном случае необходимо использовать альтернативные схемы организации движения или разносить ОП по маршрутам и направлениям.

Предлагавшиеся ранее методики и рекомендации по геометрическому формированию ОП не учитывают возможность использования ТС различного класса. Поэтому предлагаются следующие расчетные схемы (рис. 3).

Длина прямой части остановочного «кармана» может быть выражена при помощи средневзвешенного значения:

$$L_{ост} = (L_{м1} \cdot n \cdot k_1) + (L_{м2} \cdot n \cdot k_2) + (L_{м3} \cdot n \cdot k_3) + \dots + (L_{мm} \cdot n \cdot k_m) + L_{б3} \cdot (n - 1), \quad (5)$$

где $L_{м1,2...m}$ – длина остановочного места в соответствии с классом ТС, м; n – число мест на ОП; $k_{1,2...m}$ – доля каждого класса ТС в общем потоке; m – число классов ТС.

Длина прямой части остановочного «кармана» $L_{ост}$ не должна быть меньше длины самого длинного ТС, обслуживающего остановочный пункт.

Длина кармана вычисляется по выражению:

$$L_k = L_з + L_в + L_{ост} \quad (6)$$

Общая длина остановочного пункта:

$$L_{общ} = L_{б1} + L_{б2} + L_k \quad (7)$$

При схеме функционирования непосредственно на крайней правой полосе исключаются параметры въезда и выезда:

$$L_{общ} = L_{б1} + L_{б2} + L_{ост} \quad (8)$$

$$L_{общ} = L_з + L_в + L_{ост} \quad (9)$$

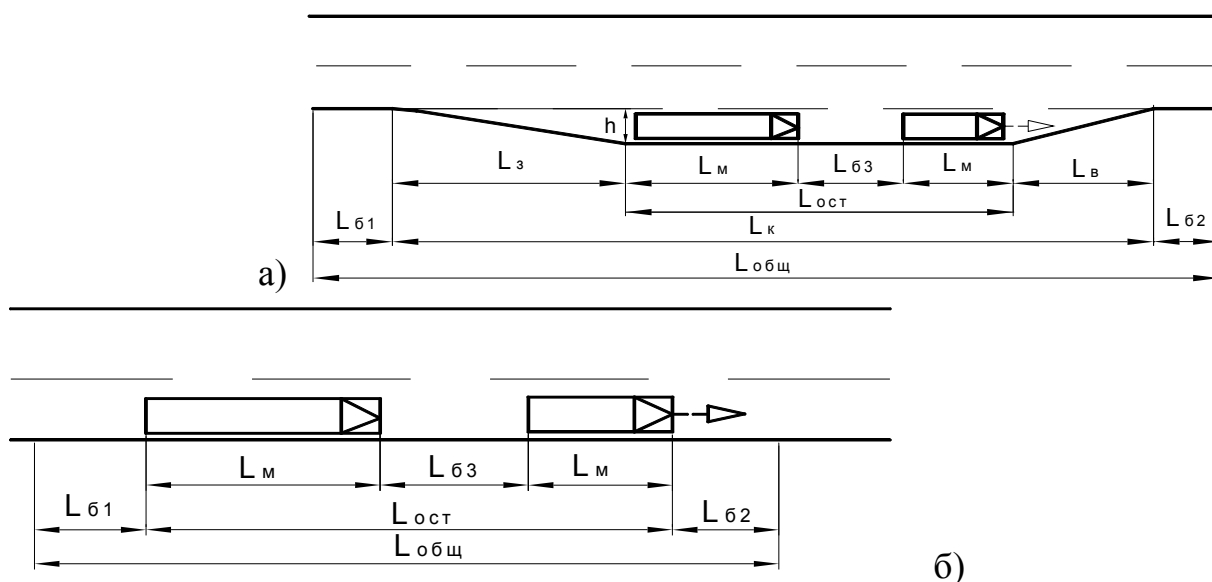


Рис. 3. Расчетные схемы формирования остановочного пункта: а) «в кармане»; б) на крайней правой полосе

$L_з$ – длина въезда (заезда) в остановочный «карман», м; $L_в$ – длина выезда из остановочного «кармана», м; $L_м$ – длина остановочного места, м; $L_{ост}$ – длина прямой части остановочного «кармана», м; L_k – длина «кармана», м; $L_{общ}$ – общая длина ОП, м; $L_{б3}$ – расстояние безопасности между ТС в зоне ОП, м; $L_{б1}$ –

расстояние безопасного маневрирования в начале ОП, м; L_{62} – расстояние безопасного маневрирования в конце ОП, м; h – глубина кармана, м.

В третьей главе сформулирована программа и методика проведения экспериментальных исследований. Для проведения экспериментальных исследований использовалась передвижная транспортная лаборатория на базе автомобиля «Соболь» с установленной на ней цифровой аппаратурой для видеосъемки. Объем и характеристика выполненных исследований приведена в (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика	Значение
Объем видеосъемки, час	16
Количество обследуемых остановочных пунктов	8
Диапазон интенсивности движения ГПТ, ед/ч	20-260
Количество маршрутов, обслуживающих остановочный пункт, ед	10-55
Диапазон значений пассажирообмена, пасс/ч	100-1300
Диапазон значений интенсивности движения по правой полосе, ед/ч	400-1200
Объем выборки (количество случаев остановки подвижного состава ГПТ)	876
Минимальный объем выборки	356

Для обработки экспериментальных данных использовались специальные компьютерные приложения «Time-convert» и «Data-Get» на основе «Microsoft Access», разработанные в ИрГТУ.

Для каждого ОП фиксировались класс ТС, интенсивность общего потока на крайней правой полосе, величина пассажирообмена, время посадки и высадки пассажиров, наличие или отсутствие стоящего впереди ТС, момент прибытия, начала движения и «слияния» ТС с общим потоком.

При проведении регрессионного анализа за основу взята линейная модель:

$$Y = B_0 \cdot X_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 \dots + B_n \cdot X_n, \quad (10)$$

где Y – функция отклика; $B_{0,1,2,n}$ – коэффициенты регрессии; $X_{1,2,3,n}$ – факторы, влияющие на функцию отклика.

Регрессионный анализ осуществлялся с использованием пакетов прикладных программ «Statistica», «Mathcad», «SPSS». Уравнения регрессии оценивались наиболее распространенными критериями: R – множественный коэффициент корреляции; R^2 – скорректированный коэффициент детерминации; t – критерий Стьюдента; F – критерий Фишера-Снедекора.

Четвертая глава посвящена результатам исследований.

При статистической обработке экспериментальных данных все уравнения регрессий оказались адекватными, а коэффициенты при независимых факторах – значимыми.

Время освобождения ОП наилучшим образом описывается уравнением:

$$t_c = 0,003 \cdot N + 0,056 \cdot Q + 6,53 \cdot i, \quad (11)$$

где N – интенсивность общего потока на крайней правой полосе, ед/ч; Q – номинальная вместимость ТС, пасс.; i – фактор, учитывающий факт совершения или не совершения маневра по объезду впередистоящего ТС, который учтен в модели как среднее между случившимися и не случившимися маневрами (0,456) при статистически значимом числе наблюдений.

Результаты статистического анализа уравнения 10 представлены в табл. 2.

Таблица 2

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,943223354			
R^2		0,889670295			
Нормированный R^2		0,880960056			
Стандартная ошибка		1,306215779			
Общее количество наблюдений / групп наблюдений		696 / 42			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;3;38}$	
Регрессия	3	174,2724	102,140	2,84	
Остаток	38	1,7061			
Итого	41	-			
	Коэффициенты регрессии	t - статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;40}$	нижний	верхний
B_0	-0,404630898	0,5125	2,02	-2,0029	1,1936
B_1	0,003060318	3,6146		0,0013	0,0047
B_2	0,056157154	7,8324		0,0416	0,0706
B_3	6,530999444	16,0496		5,7072	7,3547
Матрица корреляции					
	Y	X_1	X_2	X_3	
Y	1				
X_1	0,1579	1			
X_2	0,3368	-0,0304	1		
X_3	0,8239	-0,0277	-0,0936	1	
$Y=0,003X_1+0,0561X_2+6,53X_3$					
где Y – время освобождения остановочного пункта; X_1 – интенсивность на крайней правой полосе; X_2 – вместимость ТС; X_3 – факт совершения маневра по обгону					

Графическая интерпретация уравнения (10) приведена на (рис. 4).

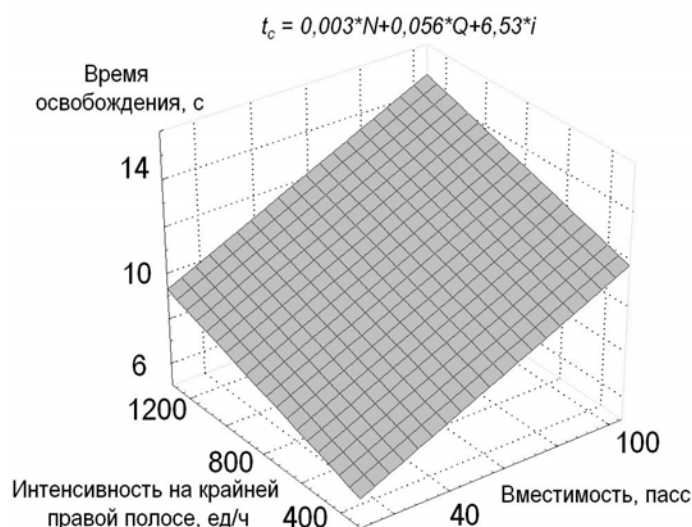


Рис. 4. Зависимость времени освобождения ОП (t_c) от интенсивности на крайней правой полосе (N) и вместимости ТС (Q): $i = 0,456$

Из графика следует, что наиболее значимым фактором, влияющим на время освобождения ОП, является вместимость ТС. Так, при повышении вместимости

в 2,5 раза время освобождения увеличивается на 50%. Это объясняется тем, что с повышением вместимости увеличиваются габаритные размеры, а вместе с ними ухудшаются маневренность и динамические качества ТС.

Зависимость времени обслуживания пассажиров на ОП от удельного пассажирообмена и класса ТС наилучшим образом описывается уравнениями, приведенными в табл. 3.

Таблица 3

Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации - R^2	Класс транспортного средства
$t_d = 11,44 + 3,22 \cdot p$	0,97	Особо малый
$t_d = 4,79 + 2,9 \cdot p$	0,97	Средний с одной дверью
$t_d = 8,84 + 2,2 \cdot p$	0,89	Средний с двумя дверьми
$t_d = 4,12 + 2,18 \cdot p$	0,92	Большой

Примечание: p – удельный пассажирообмен, пасс/ед.

$$p = P/N_{ГПТ}, \quad (12)$$

где P – общий пассажирообмен ОП, пасс/ч; $N_{ГПТ}$ – интенсивность движения ГПТ, ед/ч.

Графически уравнения регрессии представлены на рис. 5.

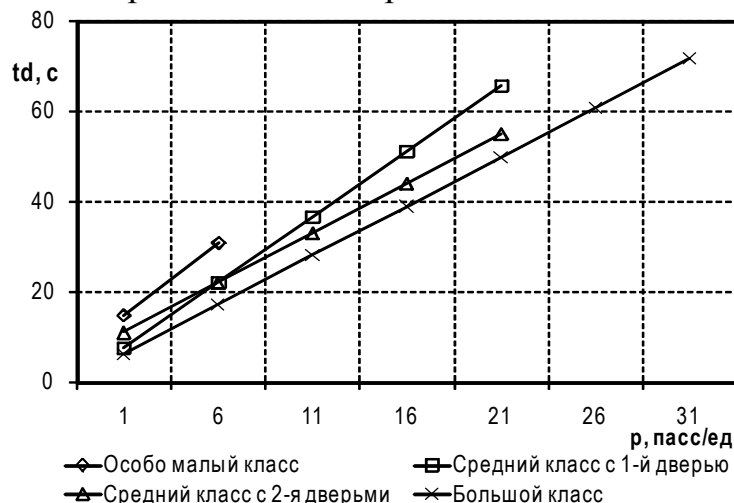


Рис. 5 Зависимость времени обслуживания пассажиров (t_d) от удельного пассажирообмена (p) ОП

Время обслуживания пассажиров находится в прямой зависимости от удельного пассажирообмена, при этом с ростом класса ТС время обслуживания снижается. При удельном пассажирообмене $p < 6$ пасс/ед время обслуживания пассажиров для ТС среднего класса с 2-мя дверьми больше чем с 1-й дверью. Это объясняется тем, что вторая дверь отвлекает внимание водителя, увеличивая время обслуживания пассажиров.

Кроме того, установлено среднее время открывания дверей, которое равняется 1,95 с для особо малого класса и 1,55 с – для автобусов с гидравлическим приводом, а закрывания - 1,35 с и 1,93 с. соответственно. Данные распределяются по логарифмически нормальному закону.

Максимальный удельный пассажирообмен для различных классов ТС составляет: особо малый – 6 пасс/ед, средний класс – 21 пасс/ед и большой – 31 пасс/ед.

Для выявления границы влияния регулируемых пересечений на пропускную способность ОП за идеальный участок улично-дорожной сети принята плотина ГЭС в г. Иркутске, которая не имеет пересечений на расстоянии 3000 м. Протяженность остальных обследованных участков не превышала 1000 метров. В первом случае распределение интервалов времени между ТС носит экспоненциальный характер, во втором - логарифмически-нормальный (рис. 6).

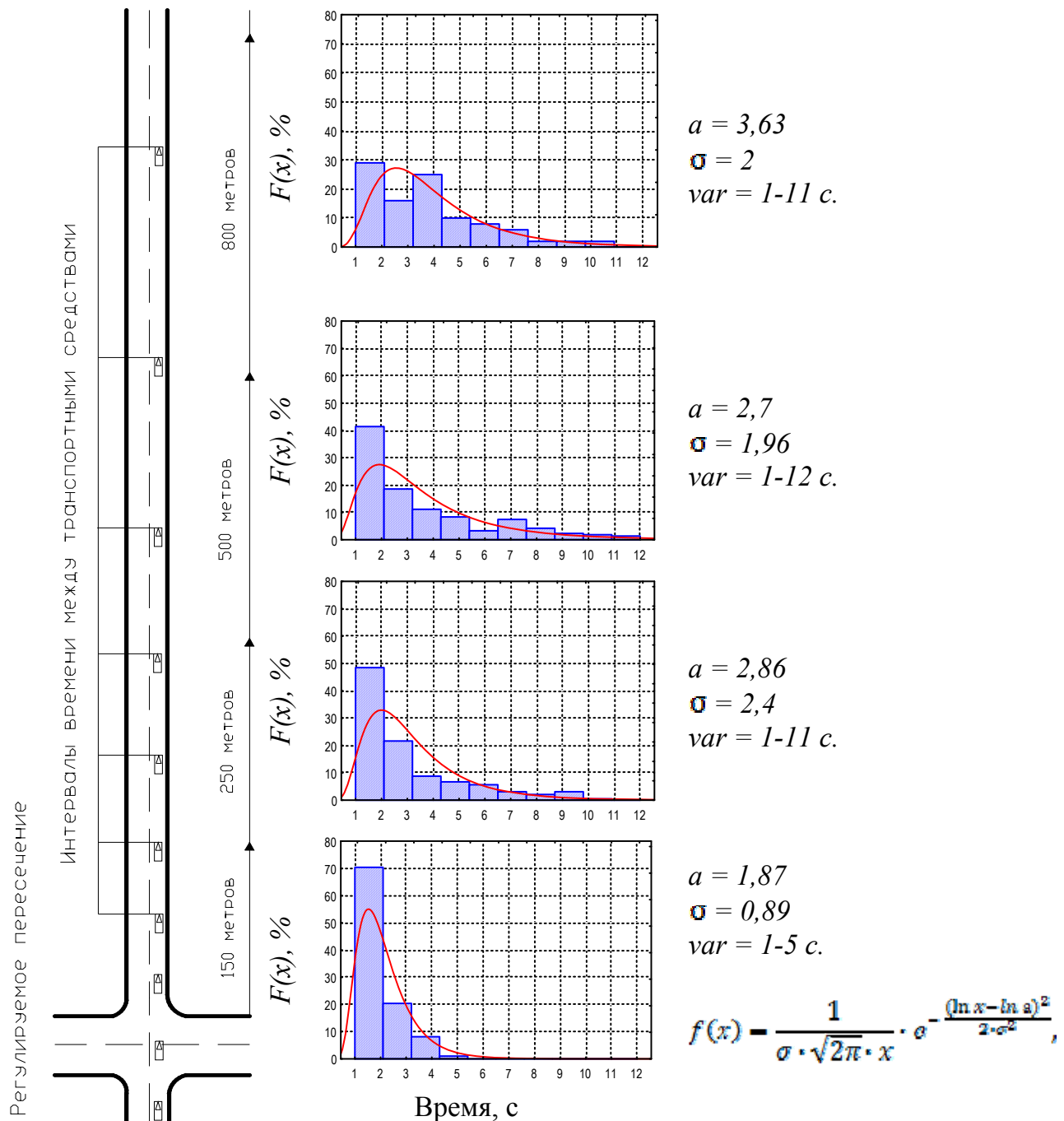


Рис. 6 Пример распределения интервалов времени между транспортными средствами на различных расстояниях от регулируемого пересечения : $f(x)$ – плотность распределения интервалов времени, %; σ - стандартное отклонение; a – медиана; x – случайное значение переменной.

Проверка связанных выборок с помощью t – критерия Стьюдента дала положительные результаты.

На основании результатов статистического анализа можно утверждать, что влиянием регулируемого пересечения на ОП, расположенный на расстоянии более 800 м, можно пренебречь.

В результате выполненных исследований и имитационного моделирования установлено влияние основных факторов на пропускную способность ОП с учетом особенностей организации пассажирских перевозок в городах РФ.

Пропускную способность при прочих равных условиях определяет сумма времени освобождения ОП и времени обслуживания пассажиров, т.е. время нахождения ТС на ОП. Время освобождения зависит от класса ТС и интенсивности движения на крайней правой полосе. На время обслуживания влияют пассажирообмен и интенсивность движения ГПТ, которые характеризуют удельный пассажирообмен ОП.

На рис. 7 представлена зависимость пропускной способности от пассажирообмена ОП. Из приведенных зависимостей следует, что пропускная способность экспоненциально зависит от пассажирообмена. Это объясняется тем, что с увеличением пассажирообмена для всех классов ТС пропорционально увеличивается время обслуживания пассажиров, с ростом которого увеличивается время нахождения ТС на ОП, что снижает его пропускную способность.

Для умеренной интенсивности движения ГПТ (80 ед/ч) во всем диапазоне изменения пассажирообмена наибольшей пропускной способностью обладают ОП, обслуживаемые ТС большого класса (рис. 7а). Не смотря на максимальное время освобождения ОП, последние за счет минимального времени обслуживания пассажиров обладают наименьшим временем нахождения на ОП, увеличивая его пропускную способность.

По сравнению с ТС среднего класса с 1-й дверью применение того же класса с 2-мя дверьми для пассажирообмена более 500 пасс/ч увеличивает пропускную способность ОП в среднем на 10 % за счет снижения времени обслуживания пассажиров.

При пассажирообмене $P=100$ пасс/ч пропускная способность ОП с ТС большого класса и среднего класса с 1-й дверью выравниваются. Это объясняется тем, что последние при указанной величине пассажирообмена, несмотря на повышенное время обслуживания, обладают меньшим временем освобождения ОП, сумма которых становится равной времени нахождения на ОП ТС большого класса.

С повышением интенсивности ГПТ (200 ед/ч) при невысоком пассажирообмене (менее 300 пасс/ч) целесообразнее использование ТС среднего класса с 1-й дверью (рис. 7б). При увеличении пассажирообмена (более 300 пасс/ч) преимущество получают ТС большого класса, т.к. снижается их время нахождения на ОП. При пассажирообмене $P=1300$ пасс/ч пропускная способность ОП для ТС среднего класса с 1-й и 2-я дверьми выравниваются.

Зависимость пропускной способности ОП от интенсивности прибытия ГПТ представлена на рис. 8. Для всех классов ТС зависимость носит логарифмический характер. При неограниченном увеличении интенсивности движения пропускная способность ОП асимптотически приближается к предельной, которая

определяется равенством времени нахождения ТС на ОП и интервалом движения ГПТ.

Для умеренного пассажирообмена (100 пасс/ч) и невысокой интенсивности движения ГПТ (менее 80 ед/ч) максимальной пропускной способностью обладают ОП с ТС большого класса за счет минимального времени обслуживания пассажиров (рис. 8а). По мере нарастания интенсивности эффективнее становится использование ТС среднего класса с 1-й дверью, т.к. при указанном пассажирообмене последние имеют меньшее время нахождения на ОП по сравнению с ТС большого класса.

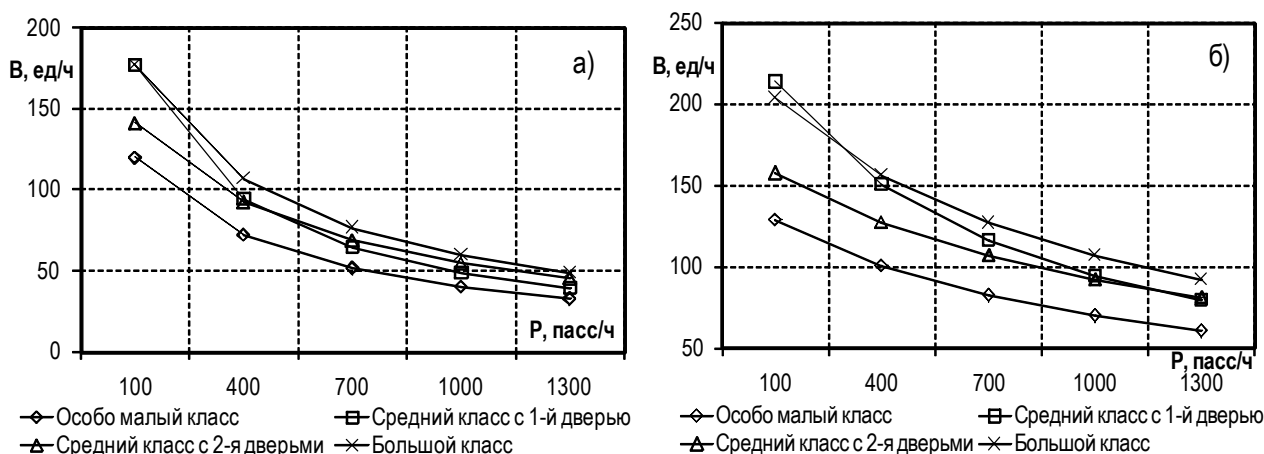


Рис. 7 Влияние пассажирообмена на пропускную способность остановочного пункта:

а) $N_{ГПТ}=80$ ед/ч; $N_{КПП}=400$ ед/ч; $Z_a=1,04$; $C_V=0,6$ G/C=1

б) $N_{ГПТ}=200$ ед/ч; $N_{КПП}=400$ ед/ч; $Z_a=1,04$; $C_V=0,6$ G/C=1

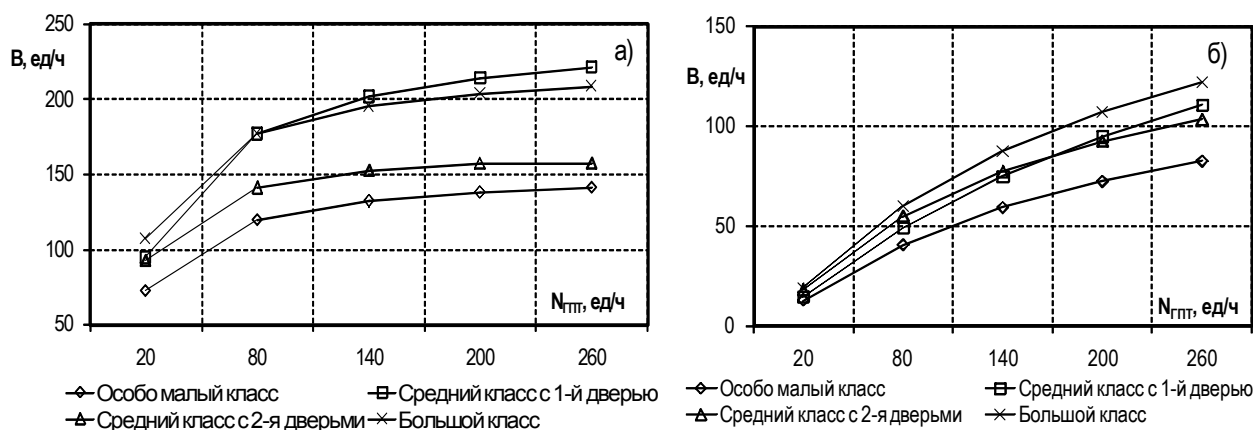


Рис. 8 Влияние интенсивности движения ГПТ на пропускную способность остановочного пункта:

а) $P=100$ пасс/ч; $N_{КПП}=400$ ед/ч; $Z_a=1,04$; $C_V=0,6$ G/C=1

б) $P=1000$ пасс/ч; $N_{КПП}=400$ ед/ч; $Z_a=1,04$; $C_V=0,6$ G/C=1

При увеличении пассажирообмена (1000 пасс/ч) во всем диапазоне изменения интенсивности движения ГПТ эффективным является применение ТС большого класса, т.к. снижается их время нахождения на ОП за счет снижения времени обслуживания пассажиров (рис. 8б). Эффективность ТС среднего класса зависит от интенсивности движения ГПТ. При условии $N_{ГПТ}<170$ ед/ч

пропускная способность ОП выше для ТС с 2-я дверьми. В исследованном диапазоне изменения пассажирообмена и интенсивности ГПТ самая низкая пропускная способность ОП наблюдается при использовании ТС особо малого класса.

Пассажирообмен ОП и интенсивность движения ГПТ связаны между собой показателем удельного пассажирообмена (12). На рис. 9 представлена зависимость пропускной способности ОП от удельного пассажирообмена. Кривые также изменяются по экспоненциальному закону. Почти во всем диапазоне изменения удельного пассажирообмена максимальную пропускную способность имеют ОП с ТС большого класса и только при $p < 1,25$ пасс/ед преимущество получают ТС среднего класса с 1-й дверью (рис. 9а). Из ТС среднего класса при высоком удельном пассажирообмене ($p > 6$ пасс/ед) более высокую пропускную способность обеспечивают ТС с 2-я дверьми за счет сокращения времени обслуживания пассажиров. Остановочные пункты с ТС особо малого класса по-прежнему обладают самой низкой пропускной способностью. При $p = 31$ пасс/ед пропускная способность ОП с ТС большого класса и среднего класса с 2-я дверьми практически выравнивается (рис. 9а).

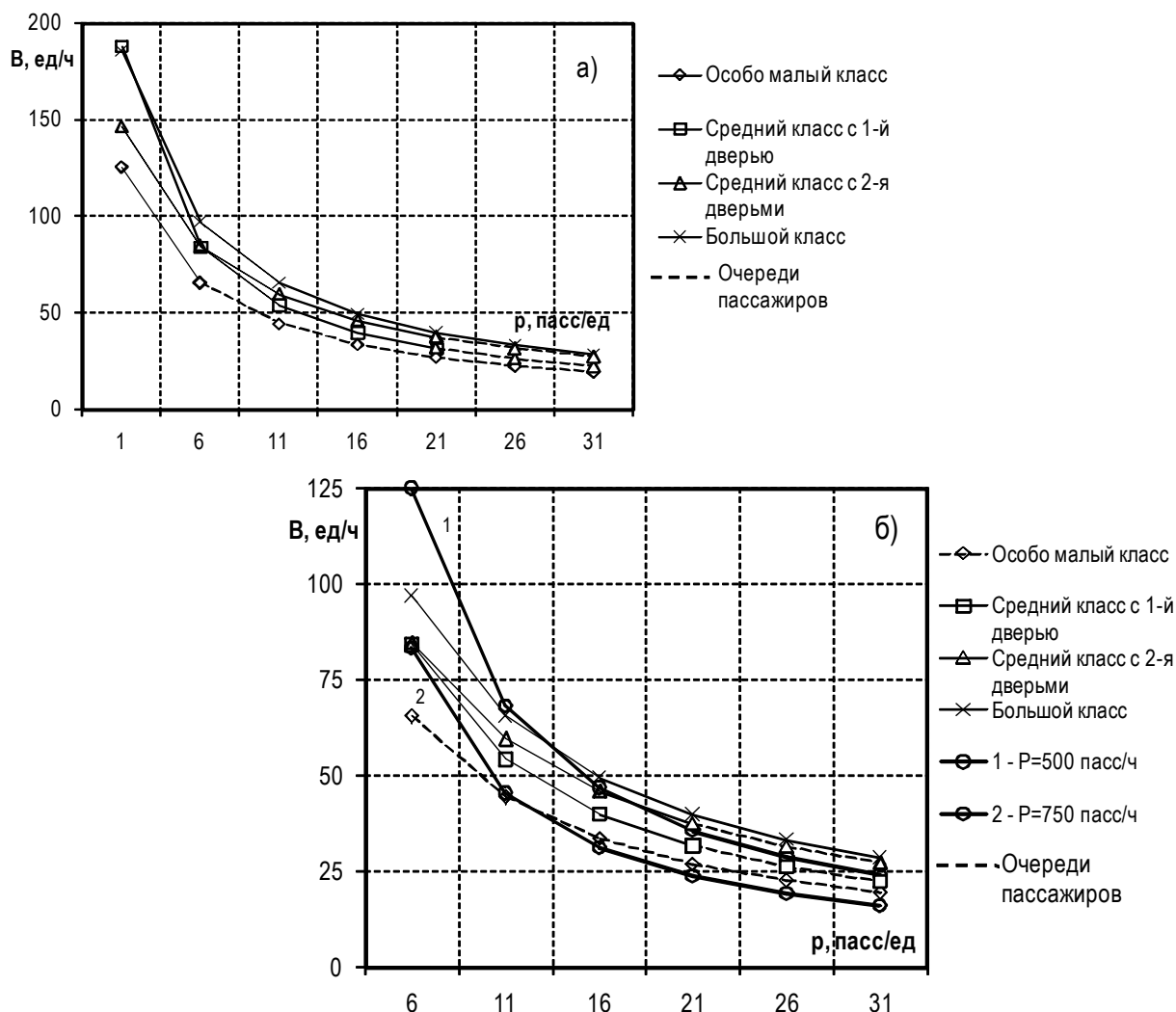


Рис. 9 Зависимость пропускной способности остановочного пункта и интенсивности ГПТ от удельного пассажирообмена от: $N_{кпп}=400$ ед/ч; $Z_a=1,04$; $C_V=0,6$; $G/C=1$

Зависимость пропускной способности ОП от удельного пассажирообмена дает возможность определить необходимое количество и класс ТС для нормального обслуживания ОП с известной величиной пассажирообмена. Под нормальным обслуживанием понимается отсутствие на ОП очередей, как со стороны пассажиров, так и со стороны ТС. Очередь пассажиров образуется, когда величина удельного пассажирообмена ОП превышает максимальное значение удельного пассажирообмена для выбранного класса ТС, а очередь ТС - когда интенсивность прибытия ГПТ превышает пропускную способность ОП. На рис. 9б кривая 1 показывает интенсивность движения при $P=750$ пасс/ч, кривая 2 – то же при $P=500$ пасс/ч.

В первом случае нормальное обслуживание ОП могут обеспечить ТС большого класса в диапазоне изменения интенсивности движения 29-97 ед/ч ($p=6-31$ пасс/ед), ТС среднего класса с 1-й дверью и интенсивностью движения 32-84 ед/ч ($p=6-21$ пасс/ед), а также с 2-я дверьми и интенсивностью 38-85 ед/ч ($p=6-21$ пасс/ч). ТС особо малого класса нормального обслуживания ОП при заданном пассажирообмене обеспечить не в состоянии, т.к. максимальное значение их удельного пассажирообмена во всем диапазоне изменения интенсивности движения ниже аналогичного показателя ОП. Поэтому на ОП будет наблюдаться очередь пассажиров, а при интенсивности движения 44-66 ед/ч ($p=6-11$ пасс/ч), кроме того, и очередь ТС, т.к. в указанном диапазоне интенсивность движения превышает пропускную способность ОП. При использовании ТС среднего класса с 1-й дверью в диапазоне изменения интенсивности 22-32 ед/ч и с 2-я дверьми и интенсивностью 27-38 ед/ч ($p=21-31$ пасс/ч) на ОП будет наблюдаться очередь пассажиров.

Во втором случае нормальное обслуживание могут обеспечить ТС большого класса в диапазоне изменения интенсивности движения 29-58 ед/ч ($p=13,5-31$ пасс/ч), ТС среднего класса с 2-я дверьми и интенсивностью движения 38-46 ед/ч ($p=16-21$ пасс/ч). ТС среднего класса с 1-й дверью и особо малого класса при заданном пассажирообмене нормального обслуживания ОП не обеспечивают, т.к. во всем диапазоне интенсивность движения ГПТ превышает пропускную способность ОП. Это приводит к росту на ОП очереди ТС. Кроме того, при использовании ТС среднего класса с 1-й дверью и интенсивности движения 22-32 ед/ч ($p=21-31$ пасс/ед), а также ТС особо малого класса во всем диапазоне изменения интенсивности движения на ОП появится и очередь пассажиров. Выбор интенсивности движения ГПТ внутри рекомендуемых интервалов определяется критериями экономического характера. Выше сказанное в полной мере относится и к смешанным транспортным потокам.

Регулируемые пересечения снижают пропускную способность ОП. Влияние отношения длительности разрешающего сигнала светофора к длительности цикла регулирования на пропускную способность представлено на рис. 11. Зависимость носит нелинейный характер. С увеличением длительности разрешающего сигнала интенсивность нарастания пропускной способности ОП снижается.

В результате выполненных исследований разработана схема (рис. 10) расчета пропускной способности и геометрических параметров ОП, а также Excel-приложение, позволяющее автоматизировать расчет с полной детализацией перечисленных параметров.

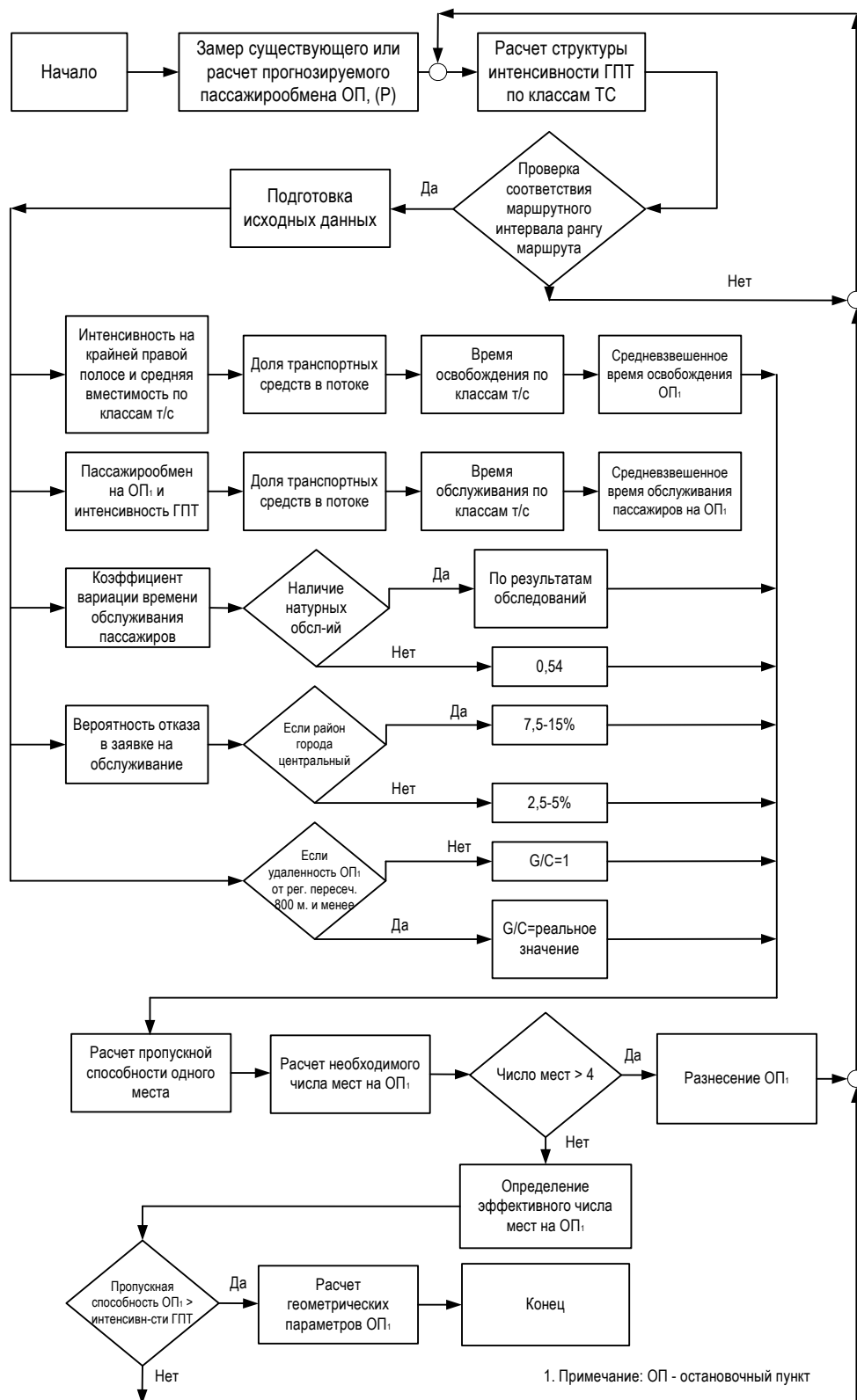
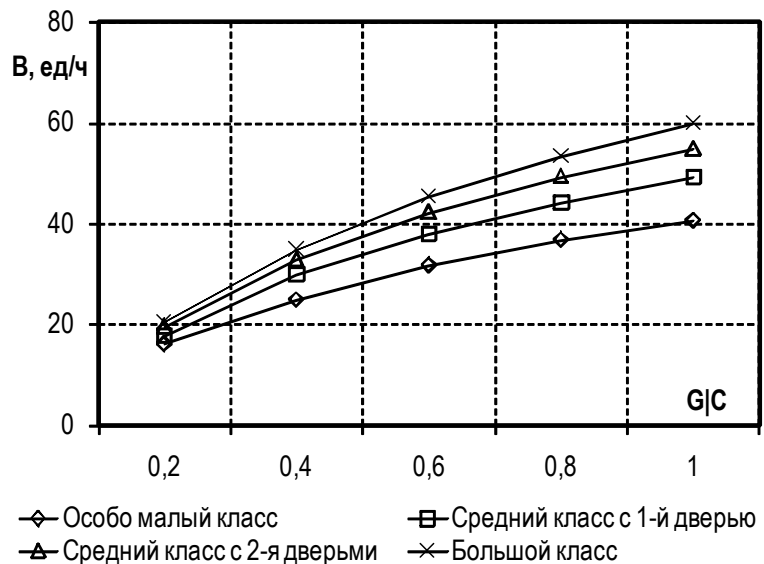


Рис. 10 Функциональная схема расчета пропускной способности и геометрических параметров остановочного пункта

Рис. 11 Зависимость пропускной способности остановочного пункта от отношения длительности разрешающего сигнала светофора к длительности цикла регулирования от: $N_{кпп}=400$ ед/ч; $Z_a=1,04$; $C_v=0,6$; $P=1000$ пасс/ч



ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для отрасли автомобильного транспорта и направленной на повышение эффективности дорожного движения на основе совершенствования методики расчета пропускной способности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта.

1. Теоретически обоснован выбор модели расчета пропускной способности и размеров остановочного пункта городского пассажирского транспорта с учетом особенностей организации пассажирских перевозок в городах РФ.

2. На основе учета вероятностных характеристик транспортного потока:

- получена зависимость времени освобождения остановочного пункта от интенсивности движения на крайней правой полосе, класса транспортного средства и ситуации, при которой приходится совершать маневр по объезду впереди стоящего ТС. Среднее время освобождения остановочного пункта при смешанном транспортном потоке определяется его средневзвешенным значением для каждого класса транспортных средств;

- определено время обслуживания пассажиров на остановочном пункте в зависимости от величины удельного пассажирообмена. При смешанном потоке городского пассажирского транспорта среднее время обслуживания пассажиров определяется средневзвешенным значением для каждого класса транспортных средств. В случае отсутствия данных натурного обследования рекомендуемое значение - 26 с;

- установлено максимальное значение удельного пассажирообмена для транспортных средств различного класса, которое составляет: особо малый класс – 6 пасс/ед; средний класс – 21 пасс/ед и большой класс – 31 пасс/ед;

- доказано, что влиянием регулируемого пересечения на пропускную способность остановочного пункта на расстоянии 800 м и более можно пренебречь.

3. Для организации пассажирских перевозок без очередей на остановочных пунктах, как со стороны пассажиров, так и со стороны транспортных средств,

необходимо, чтобы удельный пассажирообмен остановочного пункта не превышал максимального значения указанного показателя для выбранного класса транспортного средства, а интенсивность движения - пропускную способность остановочного пункта.

4. Разработанная методика расчета пропускной способности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта на основе заданного пассажирообмена позволяет: для проектировщиков - определить значения пропускной способности остановочного пункта для транспортных средств различного класса; для перевозчиков – установить количество и класс транспортных средств, которые с наименьшими затратами и требуемым качеством позволяют осуществлять пассажирские перевозки.

5. Результаты исследований внедрены в АНО «Институт Проблем Безопасности Движения» при подготовке текста ОДМ «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог» (по заданию Росавтодора Минтранса России №101/08-25 от 12.05.2008 г.).

6. Расчетный экономический эффект от использования предложенной методики составляет 59 тыс. руб/ч по основным городским пассажиропотокам.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих печатных работах:

- в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для кандидатских диссертаций:

1. Зедгенизов А. В. Оценка времени освобождения остановочного пункта городского пассажирского транспорта /А. В. Зедгенизов // Вестник ИрГТУ, 2007.- № 4(32). – С. 145-151.

2. Зедгенизов А. В. Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта /А. В. Зедгенизов // Вестник ИрГТУ, 2008.- № 3(35). – С. 121-123.

- в других изданиях:

3. Зедгенизов А. В. Оценка пропускной способности остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта / А. В. Зедгенизов, М. И. Шаров, А. Б. Куприянова, А. Ю. Михайлов // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: Материалы XII международной (пятнадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции. - Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2006.- С. 198 – 201.

4. Зедгенизов А. В. К вопросу о пропускной способности остановочных пунктов / А. В. Зедгенизов, М. И. Шаров, А. Г. Левашев, А. Б. Куприянова, А. Ю. Михайлов // Проблемы Земной цивилизации: Сборник статей. - Иркутск: изд-во ИрГТУ, 2006. - №15. – С. 272 - 280.

5. Зедгенизов А. В. Оценка надежности функционирования остановочных пунктов общественного пассажирского транспорта / А. В. Зедгенизов, А. Г. Левашев // Политранспортные системы: Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции / под ред. В. Н. Катаргина. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т; Политехн. ин-т, 2007.- С. 102-106.

6. Зедгенизов А. В. Адаптация методов расчета остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта к Российским условиям / А. В. Зедгенизов, А. Ю. Михайлов, М. И. Шаров, А. Б. Куприянова // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сборник докладов седьмой международной научно-практической конференции / под ред. П. А. Кравченко. – Санкт-Петербург: С-Пб гос. архит.-строит. ун-т., 2006. – С. 302 – 306.
7. Зедгенизов А. В. Обследование подвижности населения в г. Иркутске / М. И. Шаров, А. В. Зедгенизов // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: Материалы XIII международной (шестнадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2007. - С. 171 – 173.
8. Зедгенизов А. В. Расчет кривых тяготения с использованием данных выборочного анкетирования на основе модели EVA / А. Г. Левашев, Р. Ю. Лагереv, М. И. Шаров, А. В. Зедгенизов // Наука – производству, образованию, экономике: Сборник докладов пятой международной научно-технической конференции. – Минск, БНТУ, 2007. – С. 535 – 541.
9. Зедгенизов А. В. Оценка влияния продолжительности простоя МГПТ на остановочных пунктах на его пропускную способность / А. В. Зедгенизов, М. И. Шаров, А. Б. Куприянова // Наука – производству, образованию, экономике: Сборник докладов пятой международной научно-технической конференции. – Минск, БНТУ, 2007. – С. 541-545.
10. Зедгенизов А. В. Совершенствование нормативного обеспечения методики расчета пропускной способности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта / И. М. Головных, А. В. Зедгенизов // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сборник докладов восьмой международной научно-практической конференции / под ред. П. А. Кравченко. – Санкт-Петербург: С-Пб гос. архит.-строит. ун-т., 2008. – С. 176 – 183.
11. Zedgenizov A. V. Verification of the transit stops capacity model / A. G. Levashev, A. Y. Mikhailov, A. V. Zedgenizov // Networks for mobility 2008: Proceedings of the 4th International Symposium / Martin, U. et al. (Eds.). – Stuttgart, FOVUS, 2008. – P. 23 – 25.