



### ВВЕДЕНИЕ

Крупные города РФ испытывают большие транспортные проблемы. Основная причина этого – отставание в развитии транспортной сети. В результате перехода к рыночной экономике изменились условия функционирования транспортных систем, что в условиях отсутствия нормативно-правовой базы и современного инструментария для управления транспортными и пассажирскими потоками принесло хаос на наши дороги. Принятие ФЗ № 220 от 13.07.2015 г. [1] создало основу нормативно-правовой базы управления загрузкой УДС, однако методический и программный инструментарий требует совершенствования.

Для реализации поставленных проблем планируется решить следующие основные задачи: обосновать показатели и критерии системы транспортного обслуживания населения города; построить модель транспортного обслуживания населения города; разработать алгоритм расчета вариантов загрузки УДС города.

Фундаментальность методики определяется использованием теоретических основ формирования транспортных процессов, это: теория транспортных потоков, теория массового обслуживания, теория принятия решений, теория нечетких множеств, теория искусственных нейронных сетей, основы транспортной логистики.

В транспортной науке существуют различные теории, в которых рассматриваются пассажирские, грузовые, автомобильные и пешеходные потоки. Пока они мало связаны между собой, но жизнь заставляет идти по пути интеграции транспортной науки. Наш опыт показывает, что это приносит значительный эффект.

Теория транспортных потоков возникла в период автомобилизации США в 1920-1930-е годы. Затем в Европе появилась теория пассажирских потоков.

Значительный вклад в развитие теории транспортных потоков внесли Дрю Д., Иносе Х., Клинковштейн Г.И., Сильянов В.В. Развитием теории пассажирских потоков занимались у нас Зильберталь А.Х., Фишельсон М.С., Самойлов Д.С., Круглов Ю.В., Сафронов Э.А. Настало время объединения этих направлений с целью повышения эффективности науки. В последние годы в СИБАДИ ведется работа в данном направлении, выполнен ряд грантов и контрактов, где накоплен положительный опыт, нуждающийся в анализе и научном обобщении. Публикации Сафронова Э.А., Бирюкова В.В., Приваловой Ю.И., Сафронова К.Э и Семеновой Е.С. за 2011-2016 гг. посвящены этим вопросам.

Сравнение наших разработок с зарубежными исследованиями показали следующее. За рубежом в основном работы ведутся над крупными инновационными проектами на базе легкорельсового транспорта (ЛРТ), которые используются в городах Европы и США. (Кельн, Штутгарт, Сан-Франциско, Лос-Анджелес). Эти проекты требуют огромных вложений. В наших городах в условиях кризиса целесообразно повышать эффективность существующих систем ГПТ за счет использования новых научных подходов и методик, позволяющих оптимизировать работу всех звеньев системы [2].

Наиболее известным зарубежным специалистом в сфере транспортных систем является проф. Пенсильванского университета В. Вучик, который участвовал в разработке новых систем ЛРТ в США и Европе [3]. Он также принимал участие в разработке проекта новой транспортной системы города Омска на базе ЛРТ. Проект прошел общественное обсуждение в Омске. Однако, в связи с финансовыми проблемами, его реализация отложена. В этих условиях необходимо поддержание систем ГПТ в наших городах в рабочем состоянии, используя новые научные методы.

### РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

Новые подходы необходимо рассматривать по двум направлениям – инновационные методы транспортных исследований и инновационные методы развития систем ГПТ.

По первому направлению предлагаются методы определения показателей транспортной системы с помощью видеосъемок, камер наблюдения, спутниковых снимков, электронных приборов, системы ГЛОНАСС и др. В результате можно получить данные о пассажирских и транспортных потоках, работе остановочных пунктов (ОП), маршрутной сети, загрузке и составе потоков на УДС. Для качественной оценки работы ГПТ со стороны населения необходимо проводить интернет-опросы через сайты администраций городов с автоматизированной обработкой материалов.

По второму направлению предполагается использовать новые подходы развития ГПТ на перспективу, включая транспортную сеть (ТС), маршрутную сеть (МС) и подвижной состав (ПС). Модель формирования транспортных потоков на УДС города, в основе которой лежит условие: повышение производительности ГПТ при снижении загрузки главных магистралей, учитывает комплекс взаимосвязанных показателей в си-

стеме: население – транспортная подвижность – пассажиры – пассажиропотоки – виды ГПТ – транспортные потоки – УДС (рис. 1) [4].

В последние годы состав транспортных потоков в городах РФ значительно изменился. Появилось много пассажирского транспорта особо малой вместимости, стал сокращаться муниципальный транспорт, изменилась система дотирования пассажирских перевозок. В отдельных городах коммерческий транспорт полностью занял рынок пассажирских перевозок. Развитие законодательства в сфере пассажирских перевозок предусматривает регулирование и управление данным процессом, однако организаторам перевозок на муниципальном уровне кроме этого необходимы инструменты, позволяющие измерять и доводить до оптимальных параметров систему, включающую пассажирские и транспортные потоки, которые формируют загрузку УДС, состояние которой за счет скорости передвижения транспорта напрямую влияет на качество обслуживания пассажиров и экономику города.

Разработка модели управления транспортными потоками позволит учесть интересы населения в транспортном обслуживании и решить задачи снижения транспортных потоков при росте пассажирских перевозок. Это позволит гармонизировать запросы населения с показателями работы и загрузкой УДС на основе теорий транспортных потоков, нейронных сетей и нечетких множеств. В итоге это позволит моделировать разнообразные варианты развития систем пассажирского транспорта в городах РФ.

Актуальность темы исследований заключается в обострении транспортных проблем в крупных городах РФ, вызывающих огромный ущерб для народного хозяйства за счет заторов, ДТП, экологии, шума, потерь городских территория, недоступной транспортной инфраструктуры.

Изменения, произошедшие на транспорте в городах РФ в связи с переходом на рыночную экономику, до сих пор не учитываются при разработке программ развития ГПТ в связи с недостаточно развитой инструментальной и методической базой. Это является основой для теоретического обоснования модели управления транспортными потоками.

Модель управления транспортными потоками учитывает параметры транспортного обслуживания населения и используется для снижения загрузки УДС путем рационального развития системы ГПТ. Для этого в модель планируется включить показатели работы системы ГПТ, а в качестве критериев – произво-

дительность МС и уровень загрузки УДС [5].

Важным вопросом в условиях рынка является определение спроса населения на транспортное обслуживание. Для этого планируется использовать натурные обследования для определения реальных показателей работы ГПТ и интернет-опросы по специально разработанным анкетам для определения качества транспортного обслуживания населения.

Основным критерием при моделировании процесса транспортного обслуживания населения является коэффициент загрузки УДС различными видами ГПТ, т.е. отношение приведенного пробега ГПТ к объему перевозок, установленного для конкретного города путем натурных обследований с использованием современных технологий. Отдельные методические подходы были апробированы в ряде городов Сибири.

Ниже приводится расчет загрузки магистральной сети города.

1. Предлагаемая работа по видам транспорта:

$$P_{mi} = l_{ni} * \Omega_i * N_{pci} * N_{pi}, \quad (1)$$

где  $P_T$  – предлагаемая работа по видам транспорта, место-км;  $l_{ni}$  – длина рейса в 1 направлении, км;  $\Omega_i$  – вместимость  $i$ -го транспортного средства (ТС), мест;  $N_{pci}$  – количество ТС,  $N_{pi}$  – количество рейсов в сутки, ед.

2. Использованная работа по видам транспорта:

$$P_{ui} = P_{mi} * K_{ni}, \quad (2)$$

где  $P_{i}$  – использованная работа по  $i$ -м видам транспорта, пасс.-км;  $K_{ni}$  – коэффициент наполнения салона.

3. Объем перевозок по видам транспорта:

$$A_i = P_{ui} / l_{ni}, \quad (3)$$

где  $A_i$  – объем перевозок по  $i$ -м видам транспорта, пасс.;  $l_{ni}$  – средняя дальность маршрутной поездки, км.

4. Приведенный пробег:

$$W_{при}^i = W_i * K'_{при}, \quad (4)$$

где  $W_{при}^i$  – приведенный пробег, авт.-км;  $W_i$  – пробег  $i$ -го вида транспорта, маш.-км.;  $K'_{при}$  – коэффициент приведения различных видов транспорта к условному легковому автомобилю.

5. Коэффициент загрузки УДС по видам транспорта:

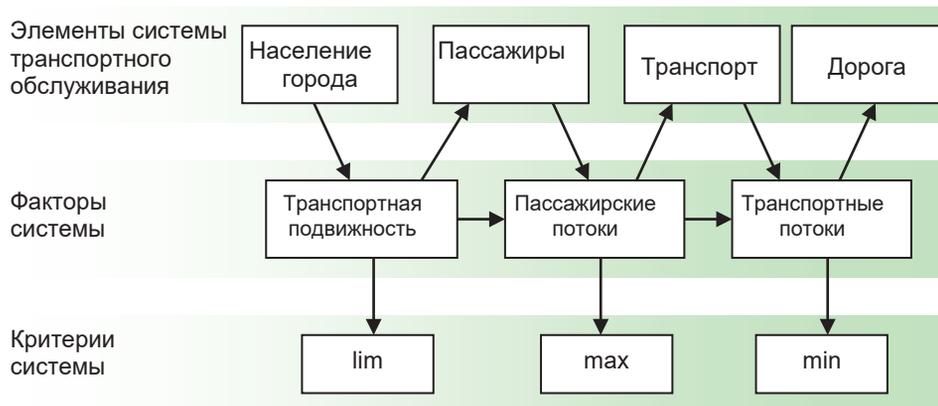


Рис. 1. Модель системы транспортного обслуживания населения

$$R_i = W_{i пр} / A_i, \quad (5)$$

где  $R_i$  – коэффициент загрузки УДС по  $i$ -му виду транспорта, авт. км / пасс.

6. Приведенный коэффициент загрузки УДС по видам транспорта:

$$\Delta R_i = R_i / R_{об}, \quad (6)$$

где  $\Delta R_i$  – приведенный к автобусу особо большой вместимости коэффициент загрузки УДС  $i$ -м видам транспорта,  $R_{об} = 0,11$ .

Расчеты, проведенные по городу Бердску, дали следующие значения приведенных коэффициентов загрузки: автобус особо большой (ОБ) – 1,0, маршрутное такси – 4,0, легковой автомобиль – 30, (табл. 1). При этом учитыва-

лись реальные условия работы ГПТ [5,6].

Введение в методику транспортных расчетов нового показателя ( $R$  - коэффициент загрузки УДС по видам транспорта) позволяет количественно оценить влияние различных видов транспорта на уровень загрузки УДС. Коммерческий (маловместительный) транспорт загружает УДС в среднем в 1,5 раза больше, чем социальный (большой и особо большой вместимости) в расчете на объем перевозок. Чем крупнее город, тем больше этот показатель. Для примера дан расчет показателей работы маршрутной сети г. Бердска до 2020 г. (табл. 2). Расчеты показали, что решение задач оптимизации снижает загрузку УДС от ГПТ на 14% при росте пассажирских перевозок на 6%.

Таблица 1

**ВЕЛИЧИНА КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ УДС ПО ВИДАМ ТРАНСПОРТА В ЧАС ПИК, Г. БЕРДСК, 2014 ГОД**

Вид транспорта	Класс по вместимости	Вместимость мест, $\Omega_i$	Коэффициент загрузки УДС, $R_i$	Приведенный коэффициент загрузки, $\Delta R_i$
Автобус	Малый	40	0,21	1,9
Троллейбус	Большой	110	0,16	1,5
Автобус	Особо большой	160	0,11	1,0
Маршрутное такси	Особо малый	13	0,46	4,0
Легковой транспорт	-	1,5	3,3	30

Загрузка УДС от ГПТ снижается в 2015 г. до 61%, в 2020 г. – до 86% при росте пассажирских перевозок до 102% и 106% соответственно. Производительность ПС в 2020 г. вырастет до 146%. В этом варианте полнее решаются вопросы доступности и безопасности перевозок на ГПТ в связи с ускоренным развитием муниципального транспорта.

Таблица 2

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАРШРУТНОЙ СЕТИ ГОРОДА БЕРДСКА НА 2015-2020 ГГ.

Показатель	Год	$L_m$ – длина маршрутов в одном направлении, км	$N_{пс}$ – количество ПС на линии, ед.	$A$ – количество перевезенных пассажиров за год, тыс. чел.	$Пп=A/N_{пс}$ – производительность единицы ПС маршрута в год	$W_{прi}=W_i k_{пр}$ – приведенный пробег за год, тыс. авт.-км	$R=W_{пр}/A$ – суммарный показатель удельной загрузки УДС, авт. км /пасс
Итого по соц. маршрутам	2014	87,69	24	3201	1133	2285	5,34
	2020	109,50	36	6000	1792	3245	5,61
Итого комм. маршрутам	2014	91,15	151	7219	432	12130	16,5
	2020	73,96	70	5000	490	8460	13,1
Всего (без сезонных)	2014	178,84	175	10420	1564	14415	21,8
	2020	183,46	106	11000	2282	11705	18,7
В % к 2014 г.	2020	103%	61%	106%	146%	81%	86%

В частности, доля социальных маршрутов в перевозках пассажиров сейчас составляет 30%. Средняя дальность поездки пассажира на социальных маршрутах 5,5 км, на коммерческих – 5,8 км, средняя 5,7 км. Сложившееся соотношение по объемам перевозок между социальным и коммерческим транспортом (30% и 70%) создает проблемы для жителей и говорит о необходимости повышения доли социального транспорта в предлагаемом проекте до 55%.

Следует пояснить, что обслуживает социальные маршруты муниципальной подвижной состав, состоящий из автобусов малой, средней и большой вместимости, среди которых есть низкопольные модели, способные перевозить инвалидов и маломобильных граждан. Коммерческий транспорт состоит из микроавтобусов, которыми не могут воспользоваться люди с колясками и льготники.

В структуре существующего парка ПС автобусов, используемых на городских маршрутах г. Бердска, можно выделить только одну модель ПС, приобретенную в 2013 г. и приспособленную для перевозки маломобильных групп населения (МГН). Это автобус марки ПАЗ-4239 (средний класс, вместимость 88 чел.). Данная модель относится к низкопольным транспорт-

ным средствам (пониженный уровень пола у средней и передней дверей составляет 340 мм). В целом в 2014 г. 1 ед. (3%) современного парка автобусов оснащено доступной техникой [6]. При обновлении парка ПС необходимо руководствоваться положениями Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года [1].

Программа оптимизации парка предусматривает ускоренное обновления ПС, в результате чего парк к 2020 году вырастет на 60% и составит 48 ед. Объем приобретения за период 2015-2020 гг. составит – 30 ед., списания – 12 ед. Основная доля приобретаемых транспортных средств – автобусы средней (40%) и малой (60%) вместимости.

Для приобретения в каждом классе вместимости рекомендуются следующие модели автобусов: средний – ПАЗ-4239 (88 мест), малый – ПАЗ-3237 (54 места). Данные модели относятся к низкопольным или полунизкопольным транспортным средствам, что обеспечит доступность их различными категориями граждан. В целом доля доступного транспорта в структуре парка автобусов к 2020 г. составит 62%. В расчетах использованы следующие стоимости автобусов: 3296 тыс. руб. и 1998 тыс. руб. соответственно по предложенным моделям [7].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая методика позволит развивать общественный транспорт и его инфраструктуру с учетом потребностей общества, уделяя внимание качеству обслуживания, доступности и безопасности [8]. В свою очередь, такой подход приведет к снижению загрузки магистралей при росте пассажирских перевозок и повышению эффективности функционирования городских транспортных систем.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 13 июля 2015 года № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации». // [Электронный ресурс]. – Система ГАРАНТ. – Режим доступа : <http://base.garant.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – (дата обращения к ресурсу: 05.01.2017).
2. Сафронов, Э.А. Перспективы развития легкорельсового транспорта в городах РФ / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов, Е.С. Семенова // Вестник СибАДИ. – 2016. – №2(48). – С. 62-70.
3. Вукан, Р. Вучик. Транспорт в городах, удобных для жизни / Р. Вучик Вукан. – Территория будущего, 2011. – 576 с.
4. Сафронов, К.Э. Инновационные методы повышения эффективности транспортных систем городов / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов // Вестник МАДИ. - №3 (26). – 2011. – С. 7-12.
5. Сафронов, Э.А. Управление загрузкой

транспортной сети города с учетом повышения доступности пассажирского транспорта / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов, Е.С. Семенова // Вестник СибАДИ. – Омск: Издат-во СибАДИ. – 2015. – №6(46). – С. 38-43.

6. Климова, Т.М. Реализация требований транспортной стратегии РФ как основной инструмент повышения качества транспортного обслуживания населения городов / Т.М. Климова, Е.С. Семенова // Архитектура, строительство, транспорт [Электронный ресурс] : материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2015. – С. Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD75.pdf>, свободный после авторизации. – Загл. с экрана.

7. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р (в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 г. № 1032-р). – URL : <http://www.mintrans.ru/>. – (дата обращения к ресурсу: 10.01.2017).

8. Сафронов, Э.А. Пути решения транспортных проблем в городах / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов, Е.С. Семенова // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики : сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках Международной научно-практической конференции. – Омск : СибАДИ, 2016. – 284-291 с.

### THE MODEL OF MANAGEMENT OF TRANSPORT FLOWS IN MODERN CONDITIONS

*Abstract. This article discusses a new model of traffic management through an integrated analysis of transport and passenger flows, which will reduce the load on the road network (UDS). Thus solves the following main tasks: justification of the indicators and criteria of the system of transport service of the population of the city is the development of algorithm of calculation and download of UDS city. The technique for managing the transport network by optimizing the composition of the transport stream and use a new criterion of load factor of road network of UDS from different types of passenger transport, including individual. Based on the proposed algorithm of calculation of the load on the main network of the city, given the volume of passenger transportation, presents a quantitative assessment of the options for the development of urban passenger transport (ATG) in the cities of the Russian Federation.*

*Keywords: city route network, passenger transport, rolling stock, transport infrastructure, capacity, present mileage, efficiency, accessibility, safety, vehicle loading, road network.*

### REFERENCES

1. The Federal law from July 13, 2015 No. 220-FZ "On the organization of regular transportations of passengers and Luggage by road and urban ground electrical transport in the Russian

Federation". // [Electronic resource]. System GARANT. – Mode of access : <http://base.garant.ru> free. The title. screen. (date of addressing the resource: 05.01.2017).

2. Safronov E. A., Safronov K. E., Semenova E. S. Prospects for the development of light rail in

cities of the Russian Federation // Vestnik SibADI. – Omsk: Publishing in SibADI. – 2016. – №2(48). – S. 62-70.

3. Vukan R. Vuchic. Transport in cities, comfortable for living / Vukan R. Vuchic. – The territory of the future, 2011. – 576.

4. Safronov K. E. Safronov E. A. Innovative methods to improve urban transportation systems // Vestnik MADI. - №3 (26). – 2011. – S. 7-12.

5. Safronov E. A., Safronov K. E., Semenova E. S. Download Management of the transport network given the increase in accessibility of passenger transport // Vestnik SibADI. – Omsk: Publishing in SibADI. – 2015. – №6(46). - P. 38-43.

6. Klimova T. M., Semenova E. S. Implement the requirements of the transport strategy of the Russian Federation as the main instrument of improvement of quality of transport service of the population of the cities/ Architecture, construction, transport [Electronic resource] : proceedings of the International scientific-practical conference (to the 85th anniversary of FSBEI HPE "SibADI"). – Electron. Dan. – Omsk : SibADI, 2015. – P Mode of access: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD75.pdf> free after login. The title. Screen.

7. Transport strategy of the Russian Federation for the period till 2030 Approved by order of the Government of the Russian Federation from November 22, 2008 № 1734-R (in edition of orders of the Government of the Russian Federation from June 11, 2014 № 1032-p). – URL : <http://www.mintrans.ru/>. (date of addressing the resource: 10.01.2017).

8. Safronov E. A., Safronov K. E., Semenova E. S. Solutions to transport problems in cities // the Development of the theory and practice of

road transport, transport logistics / Collection of scientific works of the Department "Organization of transportation and management on transport" in the framework of the International scientific-practical conference. - Omsk: Publishing house SibADI, 2016. – P. 284-291.

*Сафронов Эдуард Алексеевич – д.т.н., профессор СиБАДИ, кафедра ОБД. Основные направления научной деятельности – транспортные системы городов и регионов, повышение безопасности, доступности и эффективности транспортной инфраструктуры. Общее количество опубликованных работ: 150. Адрес для переписки: 644092, г. Омск, б-р Архитекторов 12, кв 34. Тел./факс: (3812) 77-11-37 д., E-mail: [sibadi1@rambler.ru](mailto:sibadi1@rambler.ru)*

*Сафронов Кирилл Эдуардович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции». Основные направления научной деятельности транспортные системы городов и регионов, эффективность транспортного обслуживания инвалидов. Общее количество опубликованных работ: 100. Адрес для переписки: 644092, г. Омск, ул. Ватутина д. 4, кв. 24. Тел. 8-908-791-10-82, E-mail: [transistem@rambler.ru](mailto:transistem@rambler.ru)*

*Семенова Екатерина Сергеевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Управление качеством и производственными системами» СиБАДИ. Основные направления научной деятельности – транспортные системы городов и регионов, экономическая эффективность транспортной инфраструктуры. Общее количество опубликованных работ: 40. Адрес для переписки: 644106, г. Омск, ул. Звездная, д.8, кв. 80. Тел. 8-913-684-41-09, E-mail: [esemyonova@rambler.ru](mailto:esemyonova@rambler.ru)*

УДК 623.438.7, 621

## ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ АМФИБИЙНЫХ МАШИН НА ПЛАВУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ОЦЕНОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

О.А. Серяков, С.С. Зиновьев, М.Ю. Манзин  
Омский автобронетанковый инженерный институт, Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье приведена методика оценки управляемости плавающих машин бронетанкового вооружения на плаву. Используется переход к относительным оценочным показателям управляемости (диаметр циркуляции, угловая скорость поворота) от конструктивных и силовых параметров плавающей машины и её движительно-рулевого комплекса, зависимость которых друг от друга представлена в виде безразмерной диаграммы управляемости. Эта диаграмма позволяет проводить оценку управляемости и выбирать схемы движительно-рулевых комплексов для проектируемых образцов плавающих машин.