

УДК 653.13

Мурат Арсланович Арсланов, кандидат технических наук, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры технической эксплуатации автомобилей, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова»
e-mail: arsmurat@yandex.ru

Шамиль Минатуллаевич Минатуллаев, старший преподаватель кафедры технической эксплуатации автомобилей, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова»
e-mail: interpol1199@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ РИТМИЧНОСТИ СИСТЕМЫ «МАРШРУТЫ ПЕРЕВОЗОК – ОСТАНОВОЧНО-ПЕРЕСАДОЧНЫЙ ПУНКТ»

***Актуальность** исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам. Список факторов, влияющих на эффективность, большой и постоянно пополняется. К новым факторам относится многократное увеличение пассажиропотоков, характерное для массовых культурных и спортивных мероприятий, во время массового отдыха в соответствующих местностях. Особенности организации работы транспортной системы в таких условиях требуют дополнительного изучения.*

***Цель** – повышение эффективности перевозок пассажиров автомобильным транспортом на основе обеспечения ритмичности действия системы «маршруты перевозок – остановочно-пересадочный пункт» с учётом многократного увеличения пассажиропотоков.*

***Теоретико-методический подход** базируется на положениях теории пассажирских автомобильных перевозок, теории транспортных процессов и систем, математической статистики, натурных исследований. В работе исследована ритмичность остановочно-пересадочного пункта, как свойства обслуживать пассажиров и транспортные средства без задержек с заданной периодичностью в соответствии с расписанием, с учётом допустимых отклонений от него.*

***Результаты** исследования могут быть использованы при оптимизации процессов перевозок пассажиров автомобильным транспортом.*

***Ключевые слова:** перевозки, пассажиры, транспорт, остановочно-пересадочный пункт, ритмичность.*

Введение. Перевозки пассажиров автомобильным транспортом имеют важное народно-хозяйственное и социальное значение. Организация и технология перевозок пассажиров определяются большим количеством факторов, обусловленных сложностью рассматриваемого процесса. Многие из них изучены. К ним относятся организация и технология перевозок [1, 6, 10] по маршрутам, технология использования транспортным средством остановочных пунктов. Учёт этих факторов существенно влияет на качество и производительность транспортного процесса. Однако эти два процесса до настоящего времени рассматривались обособленно.

Требования к транспортному процессу постоянно изменяются, что вызывает необходимость реагирования транспортной системы. Основным фактором, определяющим показатели перевозок, является величина пассажиропотока и его изменение во времени. Пассажиропоток изменяется по времени суток, по дням недели, по временам года. Теория пассажирских автомобильных перевозок предлагает общие решения, содержащие методологию решения широкого круга задач, в том числе связанных с многократным [2, 3] увеличением пассажиропотока. Однако технология и организация транспортно-

го процесса в таких условиях имеет существенные особенности, которые необходимо учитывать для эффективного управления перевозками.

В работе приведены результаты исследования системы «маршруты перевозок – остановочно-пересадочный пункт» на основе обеспечения ритмичности её функционирования с учётом многократного увеличения пассажиропотоков.

Целью исследования является – повышение эффективности перевозок пассажиров автомобильным транспортом на основе обеспечения ритмичности действия системы «маршруты перевозок – остановочно-пересадочный пункт» с учётом многократного увеличения пассажиропотоков. В работе использованы положения теории пассажирских автомобильных перевозок, математической статистики, натурные исследования.

Теоретико-методический подход. Ритмичность действия системы «маршруты перевозок – остановочно-пересадочный пункт» определяется ритмичностью остановочно-пересадочного пункта (ОПП), предназначенного для высадки и посадки пассажиров, ожидания транспортных средств, в том числе для поездки по другому маршруту. Под ритмичностью ОПП понимают его свойство [9]

обслуживать пассажиров и транспортные средства без задержек с заданной периодичностью на основе своевременного прибытия и отправления автобусов в соответствии с расписанием, с учётом допустимых отклонений от него, согласованного процесса взаимодействия пассажирского транспорта [9]. Для управления этим сложным процессом разработана модель (рисунок 1) взаимодействия пассажирского транспорта с учётом ритмичности ОПП.

Объектом управления является система «мар-

шруты перевозок – ОПП», которая взаимодействует с пассажиром и перевозчиком. Эффективность действия системы определяется на этапе проектирования и зависит от точности разработанных локальных моделей, учитывающих характеристики пассажиропотоков, маршрутную схему, структуру подвижного состава, их распределение по маршрутам и скорость движения, расписание движения транспортных средств, количество и ритмичность ОПП на маршрутах.



Рисунок 1. Схема модели взаимодействия пассажирского транспорта с учётом ритмичности ОПП

Выходным сигналом действия системы является показатель планируемой ритмичности $R_{пл}$ процесса перевозки пассажиров.

Возмущающими воздействиями являются факторы, которые не учтены на стадии проектирования. К ним могут быть отнесены заторы на мар-

шрутной улично-дорожной сети, дорожно-транспортные происшествия, многократные увеличения пассажиропотоков и другие. В результате их действия фактическое значение показателя $R_{факт}$ ритмичности системы отличается от планируемой $R_{пл}$ ритмичности на величину ΔR рассогласования.

Для минимизации образовавшегося рассогласования ΔR модель содержит многоконтурную обратную связь. Оперативный контур обратной связи выполняет диспетчерское управление. Оно вырабатывает и направляет управляющие воздействия перевозчикам [4, 5] для оперативного реагирования на процесс перевозок. Кроме того, результаты действия диспетчерского управления должны транслироваться на уровень проектирования системы. В этом случае появляется контур корректирования проектных показателей системы, вносящий коррективы в расписание движения транспортных средств по маршрутам из условия обеспечения ритмичности ОПП.

Время t_A^1 нахождения транспортного средства в ОПП равно времени его простоя на посадочной площадке:

$$t_A^1 = t_{манев} + t_{пос} + t_{ож} \quad (1),$$

где $t_{манев}$ – среднее время маневрирования транспортного средства при подъезде к ОПП и отъезде от него, мин;

$t_{пос}$ – время высадки и посадки пассажиров, мин;

$t_{ож}$ – среднее время ожидания транспортным средством заезда на ОПП, вызванное отсутствием свободной посадочной площадки, мин.

Время $t_{пос}$ высадки и посадки пассажиров определено с учётом коэффициента неравномерности пассажиропотоков

$$t_{пос} = t_{n(e)} \cdot K_n \cdot g_n \quad (2)$$

или с учётом вместимости транспортных средств,

где $t_{n(e)}$ – время простоя подвижного состава в процессе посадки – высадки пассажиров на посадочных площадках, мин;

K_n – коэффициент неравномерности пассажиропотоков, ед;

g_n – коэффициент неравномерности прибытия автобусов на посадочные площадки.

Коэффициент K_n определяют по формуле:

$$K_n = \frac{Q_{max} \cdot f(\Delta t)}{Q_{cp} \cdot f(\Delta t)} \quad (3),$$

где Q_{max} – максимальный часовой пассажиропоток в заявленном периоде прибытий (отправлений) Δt , пасс.;

Q_{cp} – средний пассажиропоток в заявленном периоде прибытий (отправлений), Δt , пасс.

Коэффициент g_n определяют по формуле:

$$g_n = \frac{I_{nl} + |\Delta I|}{I_{nl}} \quad (4),$$

где I_{nl} – плановый интервал движения транспортных средств на маршруте, в состав которого входит исследуемый ОПП, мин;

ΔI – отклонение от планового интервала, мин.

Так как время задержки на посадку из-за отсутствия свободных площадок $t_{ож} \rightarrow 0$, тогда:

$$t_A = t_{манев} + t_{пос} = t_{манев} + \frac{t_{n(e)}^1 \cdot q \cdot \gamma_c \cdot Q_{max} \cdot f(\Delta t) \cdot (I_{nl})}{Q_{cp} \cdot f(\Delta t) \cdot I_{nl}} \quad (5).$$

Время, которое может быть отведено ОПП на одно транспортное средство, равно:

$$t_{m}^1 = \frac{T}{A_q} \quad (6),$$

где t_{m} – временные возможности одной посадочной площадки, мин;

A_q – количество автобусов, проходящих через ОПП в час; ед.;

$T = 60$ минут.

Тогда ритмичность $R_{mn} = t_A$.

$$R_{mn} = \frac{t_{n(e)}^1 \cdot q \cdot \gamma_c \cdot Q_{max} \cdot f(\Delta t) \cdot (I_{nl} + |\Delta I|)}{Q_{cp} \cdot f(\Delta t) \cdot I_{nl}} \quad (7).$$

Количество посадочных площадок для посадки и высадки пассажиров при имеющемся количестве транспортных средств на ОПП можно определять по формуле:

$$N_A = \frac{R_{mn} \cdot T}{A} \quad (8),$$

где R_{mn} – ритмичность посадочной площадки, мин;

A – количество маршрутных транспортных средств, которые необходимо подать к месту посадки – высадки пассажиров, ед.

Если происходит нарушение (отклонение) интервала движения автобуса, то есть фактический интервал движения (I^Φ) отличается от планового ($I^{пл}$) [8]:

$I^\Phi > I^{пл}$, то автобус может быть перегружен; $t_{ож} > 0$;

$I^\Phi < I^{пл}$, то в автобусе имеются свободные места; $t_{ож} = 0$;

Математическая модель функционирования ОПП, включающая определение ритмичности остановочно-пересадочных пунктов и определение количества посадочных площадок:

$$\begin{cases} R_{mn} = \frac{t_{n(e)}^1 \cdot q \cdot \gamma_c \cdot Q_{max} \cdot f(\Delta t) \cdot (I_{nl} + |\Delta I|)}{Q_{cp} \cdot f(\Delta t) \cdot I_{nl}} \\ N_A = \frac{R_{mn} \cdot T}{A_q} \quad \text{при } t_{ож} \rightarrow 0 \end{cases} \quad (9).$$

Для системы «маршруты перевозок – ОПП» при наличии нескольких ОПП предлагается устанавливать, исходя из ритмичности, наиболее крупного из них по показателю «количество рейсов в единицу времени»:

$$R_{\text{ОПП}} = \max(R_{\text{ОПП}_i}) \quad (10).$$

Результаты эксперимента. Экспериментальная часть исследований осуществлена на примере ОПП «Красная площадь», расположенного в городе Краснодар в северной части города в 2016 году. В микрорайоне проживает около 20000 жителей, расположен торгово-развлекательный центр. В микрорайоне находится [7] около 30 мест тяготения. Через этот ОПП проходит 17 городских автобусных маршрутов с разными пассажиропотоками и один троллейбусный маршрут. Количество транспортных средств, проходящих через ОПП, равно 85 ед./ч.

Средние значения показателей, влияющих на ритмичность функционирования системы «маршрут перевозок – ОПП», составили: $t_{\text{манев}} - 0,62$ мин; $t_{\text{пос/выс}} - 0,06$ мин/чел.; $t_{\text{ож}} - 0,88$ мин.; $g_n - 1,17$. Значения коэффициентов K_n неравномерности изменялись в пределах от 58,70% до 331,25%.

Время, необходимое одному транспортному средству для посадки-высадки пассажиров и маневрирования на остановочном пункте:

$$t_A = 0,62 + 0,06 \cdot 40 \cdot 0,3 \cdot 1,71 \cdot 1,17 + 0,88 = 2,94 \approx 3 \text{ мин.}$$

В результате действия многоконтурной обратной связи, состоящей в оперативных диспетчерских взаимодействиях и корректировании расписания движения транспортных средств на основе обеспечения ритмичности, позволило сократить время $t_{\text{ож}}$

ожидания до нуля. В этом случае

$$t_A = 0,62 + 0,06 \cdot 40 \cdot 0,3 \cdot 1,71 \cdot 1,17 = 2,06 \approx 2 \text{ мин.}$$

В случае, если ОПП «Красная площадь» будет содержать не рассчитанное количество остановочных площадок, а только одну, то для всех транспортных средств, движущихся по маршрутам, наибольшее $t_{\text{ож}}$ время пребывания на нём одного автобуса составит

$$t_{\text{ож}}^1 = 60/A_{\text{ч}} = 60/85 = 0,71 \text{ мин.}$$

Обсуждение и заключение. Системное изучение процессов перевозок пассажиров по маршрутам регулярных перевозок и обслуживания на остановочных пересадочных пунктах является методом повышения эффективности транспортного процесса. Основой такого изучения стала модель взаимодействия пассажирского транспорта с учётом ритмичности ОПП, учитывающая многократное увеличение пассажиропотоков. Результаты экспериментальных исследований, выполненных в соответствии с положениями модели, свидетельствуют о том, что если на ОПП «Красная площадь» будет расположена только одна остановочная площадка, то время пребывания на нём одного автобуса не может быть больше 0,71 минуты. В этом случае перед въездом на ОПП образуется очередь из транспортных средств, что вызывает увеличение затрат перевозчиков и недополученного дохода пассажирами, вызванного непроизводительным ожиданием поездки. Управление системой «маршруты перевозок – остановочно-пересадочный пункт» позволяет сократить время пребывания транспортных средств на ОПП с 3 минут до 2 минут, то есть в 1,5 раза за счёт устранения времени ожидания для заезда.

Литература

1. Вельможин, А.В. Эффективность городского пассажирского общественного транспорта: монография / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, А.В. Куликов, А.А. Сериков. – Волгоград: ВолГТУ. – 256 с.
2. Власов, В.М. Основные принципы обеспечения безопасности и эффективности пассажирских перевозок при проведении массовых многодневных спортивных мероприятий на основе использования спутниковых навигационных диспетчерских систем / В.М. Власов, Д.Б. Ефименко, В.Н. Богумил, К.А. Кузнецов // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 12. – С. 16-22
3. Гуляев, В.Г. Туристские перевозки (документы, правила, формуляры, технология). – Москва: Финансы и статистика, 1998. – 368 с.
4. Кравченко, А.Е. Методология совершенствования системы организации и управления процессами транспортного обслуживания населения в курортных зонах: дисс. ... докт. техн. наук: 05.22.10 / Кравченко Алексей Евгеньевич. – Краснодар, 2013. – 355 с.
5. Кравченко, Е.Е. Повышение качества обслуживания населения за счёт использования служебного автобусного транспорта на муниципальной маршрутной сети: автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.22.10 / Кравченко Евгений Евгеньевич. – Волгоград, 2006. – 19 с.
6. Якимов, М.Р. Научная методология формирования эффективной транспортной системы крупного города: автореф. дис... д-ра. техн. наук: 05.22.01/ Якимов Михаил Ростиславович. – Москва, 2011. – 46 с.
7. Якунина, Н.В. Методология повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам: монография / Н.В. Якунина. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2015. – 262 с.

8. Dugge, B. Simultanes Erzeugungs-, Verteilungs-, Aufteilungs- und Routenwahlmodell. Dissertation, Fakultät Verkehrswissenschaften «Friedrich List» TU Dresden, 2006.
9. Friedrich, M., Haupt, T., Nokel, K. Freight Modelling: Data Issues, Survey Methods, Demand and Network Models, 10th International Conference on Travel Behaviour Research, Lucerne, 2003. Glicker, C. et al: MOSCA – Decision Support System For Integrated Door-To-Door Delivery: Planning and Control in Logistic Chains – Deliverable 7 – Test Sites Report, 2003.
10. Lohse, D. Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band 2: Verkehrsplanung, 2. Auflage, Berlin, Verlag für Bauwesen GmbH, 1997.