

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВМЕСТИМОСТИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

А.И. Фадеев, Е.В. Фомин\*, С. Алхуссейни  
Сибирский федеральный университет,  
Россия, г. Красноярск  
\*2325337@mail.ru

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Одним из важнейших показателей качества транспортного обслуживания населения является коэффициент использования вместимости подвижного состава. Данный параметр непосредственно влияет на экономическую эффективность транспортной организации: перевозчик заинтересован в наибольшем значении коэффициента использования вместимости. Пассажиру, наоборот, предпочтительнее обслуживание без переполнения подвижного состава.

На практике рассчитывается средний за соответствующий период коэффициент динамического использования вместимости транспорта, который применяется при определении пассажирских тарифов, анализе исполненного движения на предмет имеющихся резервов провозных возможностей, планирования перевозочного процесса.

В статье рассматривается методика расчета предельно допустимого значения коэффициента использования вместимости, исходя из обеспечения норматива наполнения салона на всем протяжении маршрутов в течение всего периода движения транспорта.

**Материалы и методы.** Предложено решение определения предельно допустимого наполнения подвижного состава при работе на регулярных городских маршрутах, решена задача на основе анализа зависимости коэффициента использования вместимости от параметров пассажирских потоков, среднего времени работы подвижного состава на маршруте и неравномерности скорости сообщения в течение работы пассажирского транспорта. Предложено оценивать колебания скорости сообщения в течение движения городского пассажирского транспорта посредством коэффициента неравномерности скорости сообщения.

**Результаты.** Установлено, что коэффициент использования вместимости подвижного состава существенно зависит от параметров пассажирских потоков, среднего времени работы подвижного состава на маршруте и неравномерности скорости сообщения в течение периода движения транспорта.

**Обсуждение и заключение.** Полученные зависимости позволяют рассчитывать предельно допустимое значение коэффициента использования вместимости с учетом параметров планируемого транспортного процесса. В зависимости от условий эксплуатации коэффициент использования вместимости варьируется в значительных пределах от 0,2 до 0,4.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** пассажирские потоки, наполнение подвижного состава, коэффициент использования вместимости, коэффициент неравномерности пассажирских потоков, коэффициент неравномерности скорости сообщения.

© А.И. Фадеев, Е.В. Фомин, С. Алхуссейни



Контент доступен под лицензией  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

# URBAN PUBLIC TRANSPORT: MARGINAL VALUE OF THE CAPACITY FACTOR

A.I. Fadeev, Ye.V. Fomin, S. Alhusseini  
Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk, Russia  
\*2325337@mail.ru

## ABSTRACT

**Introduction.** One of the most important indicators determining the public transport service quality is the capacity utilization factor of transport fleet. This parameter directly effects on the economic efficiency of the transport organization. For the carrier it is desirable from an economic point of view that the value of the capacity utilization factor takes on the greatest value. Passengers, on the contrary, prefer to transfer without overfull capacity of transport vehicles.

Moreover, this factor is used in determining travel fares, analyzing the executed movement regarding the availability of reserves in carrying capacity and planning transportation process.

The paper discusses the method of marginal value calculation of the transport fleet's capacity utilization factor of urban public transport based on ensuring standard vehicle's cabin filling limits.

**Materials and methods.** The authors solved the task of determining the filling marginal value for transport fleet while working on regular urban routes by analyzing the dependence of the capacity utilization factor on the passenger traffic parameters, the average operating time of the transport fleet on the route and the speed fluctuation during public transport operation. The authors also proposed the indicator of the transportation speed fluctuation during the operation of urban public transport.

**Results.** The authors found out that the capacity utilization factor of transport fleet substantially depended on the passenger traffic parameters, on the average operating time of the transport fleet and on the speed fluctuation during public transport operation.

**Discussion and conclusion.** The obtained dependences allow us calculating the marginal values of capacity utilization factor with taking into account the parameters of the planned transport process. The standard capacity utilization factor varies within considerable limits from 0.2 to 0.4, depending on the operating conditions.

**KEYWORDS:** passenger traffic, filling transport fleet, capacity utilization factor, factor of passenger traffic fluctuation.

© A.I. Fadeev, Ye.V. Fomin, S. Alhusseini



Content is available under the license  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших параметров качества транспортного обслуживания населения является коэффициент использования вместимости подвижного состава [1, 2, 3]. Данный показатель применяется при расчете пассажирских тарифов<sup>1</sup>, планировании транспортного обслуживания: определении структуры парка подвижного состава, интервалов движения и т.д.<sup>2</sup> [4, 5, 6, 7, 8]. В проектных расчетах применяют средние значения данного показателя за определенный период времени (например, за время движения транспорта, в пиковые периоды пассажирских потоков и др.)<sup>3</sup> [9, 10, 11].

Сегодня для получения параметров использования вместимости рекомендуется проводить обследования пассажирских потоков, которое предполагает существенные затраты ресурсов [12].

Известные рекомендации для коэффициента использования вместимости заключаются в следующем<sup>4</sup>: в пиковые периоды для наиболее напряженных участков маршрута следует предусматривать значения данного показателя в пределах 0,7 до 0,8, а в среднем за день работы транспорта не более 0,3 (30% использования вместимости салона транспортного средства). Однако эти выводы не имеют достаточно серьезного обоснования, и в них не отражена зависимость коэффициента использования вместимости от параметров транспортного процесса, условий движения и пассажирских потоков.

Данная работа выполнена по настоятельной просьбе специалистов Норильского пассажирского автотранспортного предприятия (МУП НПОПАТ), обосновавших актуальность рассматриваемой задачи принятой методики определения пассажирских тарифов, в кото-

рой коэффициент использования вместимости установлен на недостижимом для практики уровне. Недостаток знаний о зависимости коэффициента использования вместимости от параметров транспортного процесса, условий движения и пассажирских потоков не позволяет осуществлять эффективное планирование транспортного процесса, зачастую приводит к принятию нерациональных решений по корректировке маршрутов, расписаний движения и т.д. Вследствие нерационального планирования не всегда обеспечивается должное качество транспортного обслуживания, особенно в периоды пиковых пассажиропотоков.

В работе [13] рассмотрено влияние вместимости на коэффициент использования вместимости подвижного состава городского пассажирского транспорта. В работе [14] определен подход к нормированию коэффициента использования вместимости. В настоящей статье в развитии положений, изложенных в [14], исследована зависимость рассматриваемого показателя от пассажирских потоков, скорости сообщения на транспортной сети и обоснованы рекомендации по предельно допустимым значениям коэффициента использования вместимости подвижного состава.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Известно<sup>5</sup>, что пассажирский поток нестационарен: он изменяется по длине маршрута и времени движения пассажирского транспорта. В процессе движения по маршруту количество пассажиров в транспортном средстве непрерывно изменяется. В результате колебаний пассажирских потоков снижается коэффициент использования вместимости подвижного состава, ухудшаются качественные характеристики пассажирских перевозок<sup>6</sup>, поэтому учет динамики формирования пассажиропо-

<sup>1</sup> Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования согласно приложению к настоящему распоряжению. Утв. распоряжением Минтранса России от 18.04.2013г. N НА-37-р.

<sup>2</sup> Национальная концепция устойчивых городских транспортных систем. М. : Издательство «Алекс» (А.А. Поликанин), 2013. 192 с.

<sup>3</sup> Ольховский С.Ю., Яворский В.В. Моделирование функционирования и развития маршрутизированных систем городского пассажирского транспорта; М-во образования Рос. Федерации. Сиб. гос. автомобил.-дорож. акад. Омск : Изд-во СибАДИ, 2001. 135 с.

<sup>4</sup> Спирин И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом: справочное пособие. М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. 413 с.

<sup>5</sup> Теория городских пассажирских перевозок: учебное пособие для вузов / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. М.: Высш. школа, 1980. 535 с.

<sup>6</sup> Там же.

токов во времени является одной из главных задач транспортных расчетов. Особое значение имеет обеспечение перевозок в периоды пиковых пассажиропотоков.

Определим максимально возможное значение коэффициента использования вместимости. Максимально возможную величину данного показателя будем устанавливать, исходя из следующего базового условия: на наиболее напряженном участке маршрута в пиковые периоды количество пассажиров в транспортном средстве не должно превышать значение вместимости, установленной производителем транспортного средства.

В маршруте выделяют участки с наибольшей интенсивностью пассажирского потока, так называемые наиболее напряженные участки. На таких участках коэффициент статического использования вместимости

$$\gamma_{\max} = q_{\max} / q_n \leq 1, \quad (1)$$

где  $\gamma_{\max}$  – коэффициент статического использования вместимости;

$q_{\max}$  – количество пассажиров в салоне транспортного средства на наиболее напряженном участке маршрута, пасс.;

$q_n$  – номинальная вместимость подвижного состава, пасс.

В среднем за рейс, оборот или период движения наполнение подвижного состава оценивается посредством коэффициента динамического использования вместимости<sup>7</sup>:

$$\gamma_d = P_f / P_n, \quad (2)$$

где  $P_f$  – фактическая транспортная работа, пасс.-км;

$P_n$  – транспортная работа при полном использовании вместимости подвижного состава, пасс.-км.

Выражение (2) может быть записано

$$\gamma_d = \bar{q} / q_n, \quad (3)$$

где  $\bar{q}$  – среднее количество пассажиров в транспортном средстве за рейс, оборот или период движения, пасс.;

$$\bar{q} = P_f / L, \quad (4)$$

$L$  – пробег транспортного средства по маршруту за рассматриваемый период (рейс, оборот или период движения), км.

Определение параметров пассажирских потоков (например по результатам их натурного обследования) обычно осуществляют дифференцированно по часам работы транспорта. Колебания интенсивности пассажиропотока в течение часа учитывают посредством коэффициента внутрисуточной неравномерности, который рассчитывается следующим образом<sup>8</sup>. Час подразделяется на несколько расчетных периодов ( ), в каждом из которых определяется количество перевезенных пассажиров. Коэффициент внутрисуточной неравномерности – это отношение наибольшего значения количества пассажиров в расчетном периоде к среднему за час:

$$k_h = q_{\tau}^{\max} / \bar{q}_h, \quad (5)$$

где  $q_{\tau}^{\max}$  – наибольшее количество пассажиров в расчетном периоде,  $\tau$ ;

$\bar{q}_h$  – среднее количество пассажиров в расчетном периоде за ч.

Таким образом, для предотвращения переполнения транспортного средства за час движения в пиковом периоде максимально допустимое количество пассажиров на наиболее напряженном участке маршрута в среднем за пиковый час движения следует принять

$$q_h \leq q_n / k_h, \quad (6)$$

где  $q_n$  – номинальная вместимость подвижного состава, пасс.

Определим коэффициент использования вместимости за рейс так, чтобы на наиболее напряженном участке маршрута исключить переполнение салона транспортного средства. В работе<sup>9</sup> предлагается учитывать неравномерность распределения пассажиров по длине маршрутов посредством коэффициента, представляющего собой отношение максимального пассажиропотока к среднему. Поскольку количество пассажиров в транспортном сред-

<sup>7</sup> Теория городских пассажирских перевозок: учебное пособие для вузов / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. М.: Высш. школа, 1980. 535 с.

<sup>8</sup> Там же.

<sup>9</sup> Теория городских пассажирских перевозок: учебное пособие для вузов / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. М.: Высш. школа, 1980. 535 с.

стве пропорционально пассажиропотоку, данный коэффициент можно использовать для расчета среднего количества пассажиров в салоне за рейс, при котором на наиболее напряженном участке маршрута будет выполняться соотношение (6), т.е.

$$q_r \leq q_h / k_m, \quad (7)$$

где  $q_r$  – среднее количество пассажиров в транспортном средстве за рейс, пасс.;

$k_m$  – коэффициент неравномерности распределения транспортной нагрузки по длине маршрута<sup>10</sup>.

Существует неравномерность пассажирских потоков по направлениям маршрута, которая оценивается посредством коэффициента, представляющего собой отношение пассажирооборота более нагруженного направления к среднему пассажирообороту обоих направлений<sup>11</sup>. Учитывая, что количество пассажиров в транспортном средстве пропорционально пассажирообороту, можно записать следующее выражение для среднего количества пассажиров в салоне за оборот по маршруту:

$$q_o \leq q_r / k_o, \quad (8)$$

где  $q_r$  – среднее количество пассажиров в транспортном средстве за рейс в более напряженном направлении;

$q_o$  – среднее количество пассажиров в транспортном средстве за оборот;

$k_o$  – коэффициент неравномерности пассажирских потоков по направлениям маршрута.

Исходя из неравенств (6, 7 и 8), среднее количество пассажиров в транспортном средстве за оборот

$$q_o \leq \frac{q_n}{k_h k_m k_o}. \quad (9)$$

Значение коэффициента динамического использования вместимости за оборот по маршруту можно рассчитать как

$$\gamma_o = q_o / q_n.$$

Таким образом, с учетом (9):

$$\gamma_o \leq \frac{1}{k_h k_m k_o}. \quad (10)$$

В работе<sup>12</sup> даны следующие значения коэффициентов неравномерности пассажирских потоков: внутрисалонной ( $k_h$ ) от 1,1 до 1,4; по длине маршрутов ( $k_m$ ) от 1,13 до 2,3; по направлениям ( $k_o$ ) от 1,5 до 1,75. По результатам натурных обследований пассажирских потоков транспорта общего пользования г. Красноярска установлено, что в среднем для общественного транспорта коэффициент внутрисалонной неравномерности ( $k_h$ ) составляет 1,1, коэффициент неравномерности распределения транспортной нагрузки по длине маршрута ( $k_m$ ) – 1,9, коэффициент неравномерности по направлениям маршрута ( $k_o$ ) – 1,16. Следовательно, коэффициент использования вместимости за один оборот по маршруту в пиковый период наибольшей интенсивности пассажиропотоков не должен превышать 0,41. В противном случае на наиболее напряженных участках маршрута перевозки будут осуществляться с превышением нормативной вместимости транспортного средства.

На 84% маршрутов общественного транспорта г. Красноярска коэффициент неравномерности распределения транспортной нагрузки находится в пределах от 1,6 до 2,0 (рисунок 1). Таким образом, для большинства маршрутов максимально возможное значение коэффициента использования вместимости в пиковый период составит от 0,39 до 0,49.

На основании изложенного можно заключить, что коэффициент использования вместимости должен нормироваться для каждого маршрута в отдельности. Требуемые для этого параметры коэффициента неравномерности нагрузки рекомендуется устанавливать по результатам выборочного обследования пассажиропотоков. Данный показатель достаточно стабилен: в течение времени движения транспорта его колебания по каждому маршруту не превышают 20%.

При расчете предельного коэффициента использования вместимости транспортного средства в среднем за день работы на маршруте необходимо учесть динамику пассажирских потоков по часам суток, которую можно

<sup>10</sup> Там же.

<sup>11</sup> Там же.

<sup>12</sup> Теория городских пассажирских перевозок: учебное пособие для вузов / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. М.: Высш. школа, 1980. 535 с.

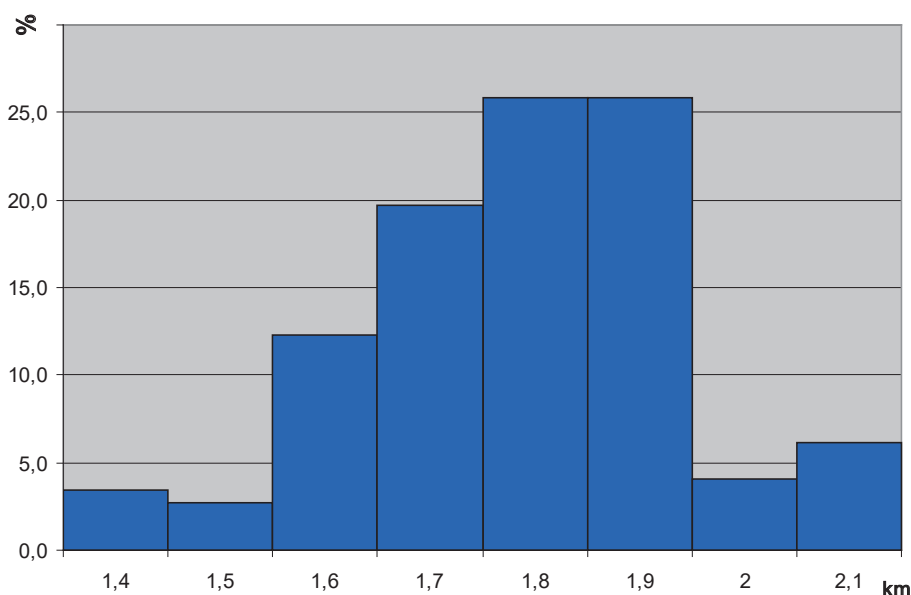


Рисунок 1 – Гистограмма распределения маршрутов общественного транспорта г. Красноярска по коэффициенту неравномерности транспортной нагрузки

Figure 1 – Histogram of public transport routes distribution in Krasnoyarsk according to the traffic irregularity

оценить посредством коэффициента часовой неравномерности перевозок. Данный коэффициент определяют отношением объема перевозок максимального часа пик к среднечасовому за период движения транспорта<sup>13</sup>. Поскольку объем перевозок пропорционален транспортной работе, коэффициент часовой неравномерности транспортной работы можно определить следующим образом:

$$k_p = P'_h / \bar{P}_h, \quad (11)$$

где  $P'_h$  – наибольший объем часовой транспортной работы за рабочий день;  
 $\bar{P}_h$  – средний часовой объем транспортной работы за рабочий день.

На рисунке 2 приведена динамика транспортной работы по часам суток для городского пассажирского транспорта г. Красноярска.

Рассмотрим минимальный предел коэффициента использования вместимости. Наименьшую теоретическую транспортную работу на единицу подвижного состава можно получить при условии, если транспортные средства будут работать на маршруте весь период движения транспорта. В этом случае средняя

часовая транспортная работа на единицу подвижного состава составит

$$\bar{P}_{hA} = \bar{P}_h / A, \quad (12)$$

где  $A$  – количество подвижного состава, ед.

Теоретически минимальное среднее количество пассажиров в транспортном средстве (если транспорт работает на маршрутах весь период движения):

$$q_{\min} = q_o / k_p. \quad (13)$$

Коэффициент часовой неравномерности пассажирских потоков для общественного транспорта г. Красноярска составляет порядка 1,8. Таким образом, теоретический минимальный предел коэффициента использования вместимости будет равен 0,23.

Транспортная работа единицы подвижного состава

$$\bar{P}_A = q_{\min} V \bar{T}, \quad (14)$$

где  $V$  – скорость подвижного состава, км/ч;  
 $\bar{T}$  – продолжительность периода движения пассажирского транспорта, ч.

<sup>13</sup> Теория городских пассажирских перевозок: учебное пособие для вузов / Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. М.: Высш. школа, 1980. 535 с.

На маршрутах в течение дня в разные периоды работает неодинаковое число транспортных средств. Количество подвижного состава в каждый период планируется в зависимости от установленного максимального интервала движения, переходных процессов, ограничений режима труда и отдыха водителей и т.д. Выполненная транспортная работа единицы подвижного состава при этом может быть определена как

$$\bar{P}_A = q_A V \bar{T}_m, \quad (15)$$

где  $q_A$  – среднее количество пассажиров в транспортном средстве, пасс.

$\bar{T}_m$  – среднее время работы подвижного состава на маршруте, ч.

На основании выражений (14 и 15) среднее количество пассажиров в транспортном средстве при среднем времени работы на маршруте  $\bar{T}_m$ :

$$q_A = \frac{q_{\min} \bar{T}}{\bar{T}_m}, \quad (16)$$

где  $\bar{T}$  – продолжительность периода движения пассажирского транспорта, ч.

При этом, естественно, должно быть выполнено условие

$$q_A \leq q_o. \quad (17)$$

Рекомендуемое наименьшее среднее время подвижного состава на маршруте

$$\bar{T}_m = \frac{\bar{q} \bar{T}}{q_o} = \frac{\bar{T}}{k_p}. \quad (18)$$

Для пассажирского транспорта г. Красноярска при среднем коэффициенте часовой неравномерности пассажирских потоков ( $k_p$ ), равном 1,8, и времени движения транспорта 18 часов в сутки среднее время работы подвижного состава на маршрутах не должно быть меньше 10 часов. В противном случае в межпиковое время не будет обеспечиваться соответствие вместимости подвижного состава и интенсивности пассажирских потоков: на самых нагруженных перегонах маршрутной сети будет наблюдаться превышение номи-

нальной (нормативной) вместимости салонов транспортных средств.

На рисунке 3 дана иллюстрация параметров использования вместимости подвижного состава. Зона  $P_{\max}$  показывает теоретическую транспортную работу при полном использовании вместимости транспортного средства.  $P_{\min}$  – транспортная работа при теоретически минимально возможном использовании вместимости (весь подвижной состав работает весь период движения транспорта). Зона  $P_o$  обозначает реальный процесс обслуживания маршрутов, при котором количество подвижного состава в течение рабочего дня изменяется. Среднее время работы на маршруте не должно быть меньше  $\bar{T}_m$ . Предел времени  $\bar{T}_m$  обозначает режим работы транспорта, при котором в течение всего периода движения среднее количество пассажиров в транспортном средстве будет соответствовать предельно допустимому значению.

Таким образом, коэффициент динамического использования вместимости подвижного состава в зависимости от среднего времени работы на маршруте рассчитывается как

$$\bar{\gamma} \leq \frac{\bar{T}}{\bar{T}_m k_h k_m k_o}. \quad (19)$$

На коэффициент использования вместимости оказывает влияние транспортный трафик. Скорость транспортных потоков в современных крупных городах существенно изменяется в течение суток<sup>14, 15, 16</sup> [15, 16]. В пиковые периоды может наблюдаться заметное снижение скорости сообщения транспорта общего пользования. В результате будет наблюдаться увеличение количества пассажиров в транспортных средствах, поскольку

$$q_A = \frac{Q_h I_n}{AV}, \quad (20)$$

где  $Q_h$  – количество перевезенных пассажиров за час движения транспорта, пасс.-ч;

$I_n$  – средняя дальность поездки пассажира, км;

$V$  – скорость движения, км/ч.

<sup>14</sup> Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. 1977. 303 с.

<sup>15</sup> Горев А. Э., Бёттгер К., Прохоров А. В., Гизатуллин Р. Р. Транспортное моделирование. 1-е издание. СПбГАСУ. СПб.: СПбГАСУ, 2015. С. 30.

<sup>16</sup> Сильянов В.В., Домке Э.Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 352 с.

Из выражения (20) следует, что при снижении скорости движения увеличивается среднее количество пассажиров в транспортном средстве, т.е. может наблюдаться переполнение салона на наиболее напряженных участках маршрута. Для предотвращения превышения вместимости следует увеличить количество подвижного состава, т.е. уменьшить значение коэффициента использования вместимости (19), которое рассчитано без учета снижения скорости движения в пиковые периоды.

По аналогии с другими коэффициентами изменение скорости сообщения за время движения транспорта будем учитывать посредством коэффициента неравномерности скорости сообщения

$$k_v = V_{\text{пик}} / \bar{V}, \quad (21)$$

где  $V_{\text{пик}}$  – скорость сообщения в час пик;  
 $\bar{V}$  – средняя скорость сообщения за день работы пассажирского транспорта.

В результате с учетом (21) получаем следующее выражение для определения предельно

допустимого коэффициента использования вместимости подвижного состава:

$$\bar{\gamma} \leq \frac{\bar{T}k_v}{\bar{T}_m k_h k_m k_o}. \quad (22)$$

Минимально возможное среднее время работы подвижного состава на маршрутах следует откорректировать на коэффициент неравномерности скорости сообщения

$$\bar{T}_m = \frac{\bar{T}k_v}{k_p}. \quad (23)$$

На рисунке 4 приведена зависимость максимально допустимого значения коэффициента использования вместимости за время движения транспорта от среднего времени работы подвижного состава на маршруте, полученная по результатам обследования пассажирских потоков г. Красноярск. Из рисунка видно, что коэффициент использования вместимости подвижного состава существенно зависит от среднего времени работы на маршруте и неравномерности скорости сообщения.

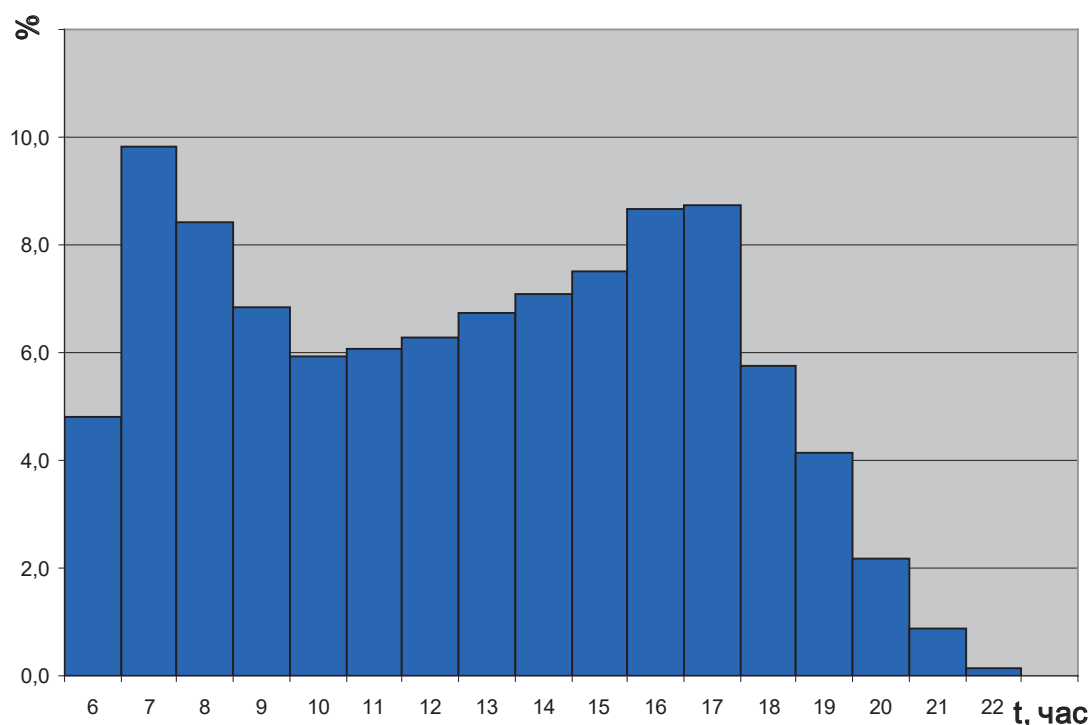


Рисунок 2 – Динамика транспортной работы по часам суток (г. Красноярск)

Figure 2 – Dynamics of transport operation by the hour of the day (Krasnoyarsk)

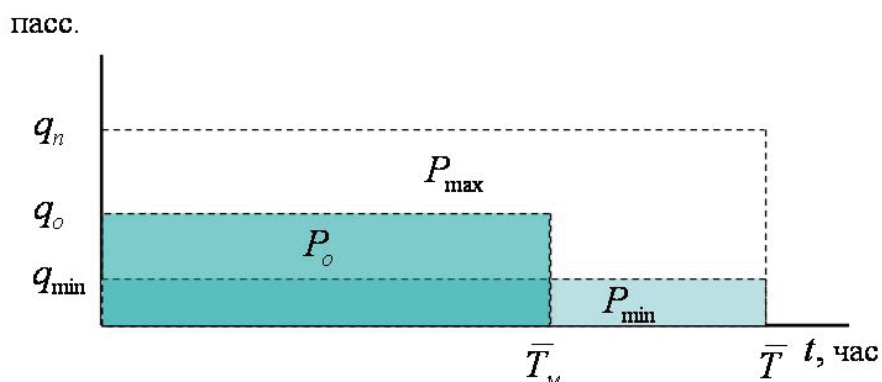


Рисунок 3 – Иллюстрация параметров использования вместимости транспортных средств

Figure 3 – Capacity utilization parameters of the vehicle

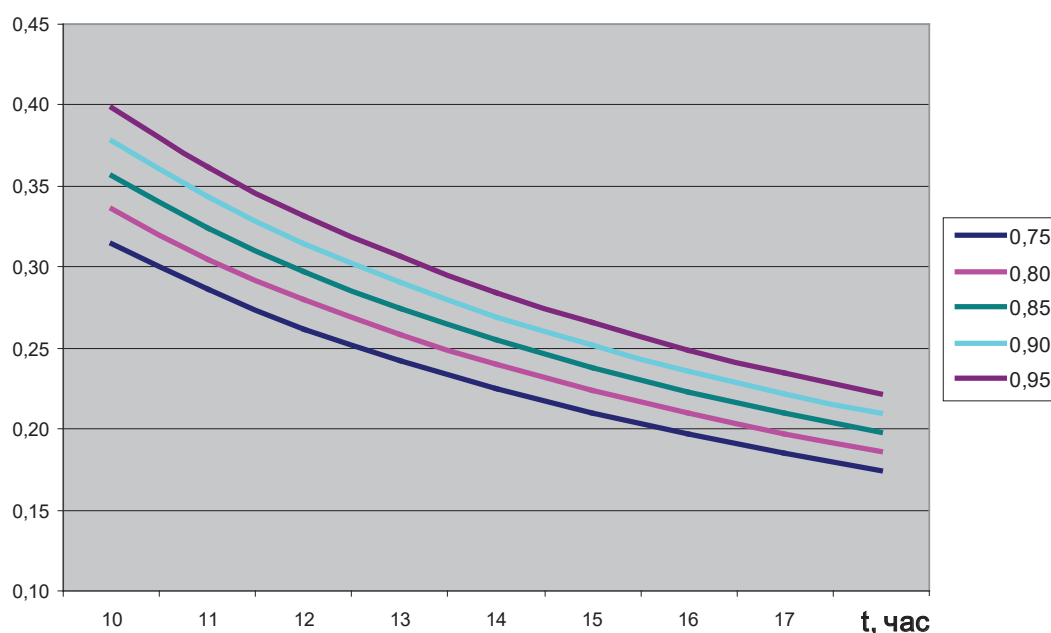


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента использования вместимости подвижного состава от среднего времени на маршруте и неравномерности скорости сообщения (коэффициент неравномерности скорости сообщения: 0,75 – 0,95)

Figure 4 – Dependence of standard capacity utilization factor for an operation day on the average vehicle operating time and fluctuation in transfer speed (irregular transfer speed factor: 0.75 – 0.95)

## РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Установлено, что коэффициент использования вместимости подвижного состава существенно зависит от параметров пассажирских потоков, среднего времени работы подвижного состава на маршруте и неравномерности скорости сообщения в течение пе-

риода движения транспорта. Верхний предел коэффициента использования вместимости за оборот по маршруту в пиковые периоды составляет порядка 0,4, т.е. среднее количество пассажиров в транспортном средстве за оборот обеспечивает использование около 40% номинальной вместимости подвижного состава.

2. Полученные в статье зависимости позволяют определять предельно допустимое значение коэффициента использования вместимости с учетом параметров планируемого транспортного процесса, что обеспечивает выполнение соответствующих нормативов вместимости подвижного состава. В результате появляется возможность осуществлять более эффективное планирование транспортного процесса, принятие объективных решений по корректировке маршрутов, расписаний движения и т.д. Рациональное транспортное планирование позволит повысить уровень качества транспортного обслуживания, особенно в периоды пиковых пассажиропотоков.

3. В зависимости от условий эксплуатации предельно-допустимый коэффициент использования вместимости варьируется в значительных пределах от 0,2 до 0,4. Коэффициент использования вместимости следует рассчитывать отдельно для каждого маршрута. Необходимый для расчетов коэффициент неравномерности нагрузки по длине маршрута следует определять по результатам выборочного обследования пассажиропотоков, которое можно осуществлять посредством специально оборудованных транспортных средств для автоматизированного учета пассажиров, данных системы безналичной оплаты проезда и т.д.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье приведена методика расчета предельно допустимого коэффициента использования вместимости подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования, которая обеспечивает планирование перевозок пассажиров без превышения установленных пределов наполнения салона подвижного состава. Более рациональное транспортное планирование позволит повысить уровень качества транспортного обслуживания, особенно в периоды пиковых пассажиропотоков.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C., USA, 2000. 1134 p.
2. Худяков В. Исследование оценки качества обслуживания пассажиров городским транспортом в Риге до 2018 года // Research and technology – step in to the future. 2007. Vol. 2. № 2. pp. 5–14.
3. Михайлов А.Ю., Шаров М.И. К вопросу развития современной системы критериев оценки качества функционирования общественного пассажирского транспорта // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. Т. 9. № 19 (146). С. 64–66.
4. Якунина Н.В. Совершенствование методологии определения структуры подвижного состава городского пассажирского автомобильного транспорта // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. №10 (129). С.13–19.
5. Daganzo C.F. Schedule instability and control. In: // Fundamentals of Transportation and Transportation Operations, Elsevier, New York, N.Y. (1997). pp. 304–309.
6. Вельможин А.В., Гудков В.А., Куликов А.В., Сериков А.А. Эффективность городского пассажирского общественного транспорта: монография, Волгоград. 2002. 256 с.
7. Трофименко Ю.В., Якимов М.Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов. Москва: Логос, 2013. С. 45–46.
8. Яценко С.А. Анализ методик расчета потребности автобусов для городских маршрутов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 5. С. 196–202.
9. Ольховский С.Ю., Сорокин С.В. О формировании транспортных систем городов, рядах вместимости, сфере использования маршрутных такси // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2007. Вып. 6. Машины, технологии и процессы в строительстве: труды Междунар. конгресса. 6–7 дек. 2007 г. С. 266–269.
10. Корягин М.Е. Интервал движения по маршруту, минимизирующий суммарные затраты транспорта и пассажиров // Вестник КузГТУ. 2005. № 1. С. 92–93.
11. Фадеев А.И., Фомин Е.В. Методика решения задачи определения оптимальной структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. № 1. С. 218–227.
12. Fadeev S. Alhusseini E.N. Belova Monitoring Public Transport Demand Using Data From Automated Fare Collection System. Advances in Engineering Research, volume 158 Proceedings of the International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018), 2018. pp. 5–12.

13. Оспанов Д.Т. Влияние вместимости на коэффициент использования вместимости подвижного состава городского пассажирского транспорта // Вестник гражданских инженеров. № 2 (61). 2017. С. 263–268.

14. Фадеев А.И., Ковалев В.А., Фомин Е.В. Нормирование параметров системы пассажирского транспорта общего пользования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №12. С. 179–183.

15. Колесов В.И., Гуляев М.Л., Осипенко А.М. Идентификация модели реального транспортного потока в городе // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 10 (129). С. 43–48.

16. Петров А.И. Влияние внешней среды на устойчивость системы пассажирского общественного транспорта. Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. 300 с.

### REFERENCES

1. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C., USA, 2000. 1134 p.

2. Hudjakov V. Issledovanie ocenki kachestva obsluzhivaniya passazhirov gorodskim transportom v Rige do 2018 goda [Quality research of passenger service by urban public transport in Riga until 2018]. Research and technology – step into the future. 2007; 2(2): 5–14 (in Russian).

3. Mihajlov A.Ju., Sharov M.I. K voprosu razvitiya sovremennoj sistemy kriteriev ocenki kachestva funkcionirovaniya obshhestvennogo passazhirskogo transporta [Development of the Modern System of Criteria for Assessing the Quality of Public Transport] Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2014; 9. No.19 (146): 64–66 (in Russian).

4. Jakunina N.V. Sovershenstvovanie metodologii opredelenija struktury podvizhnogo sostava gorodskogo passazhirskogo avtomobil'nogo transporta [Improving the methodology for determining the structure of the transport fleet of urban public transport]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2011; 10(129): 13–19 (in Russian).

5. Daganzo C.F. Schedule instability and control. Fundamentals of Transportation and Transportation Operations, Elsevier, New York, N.Y. (1997). pp. 304–309.

6. Vel'mozhin A.V., Gudkov V.A., Kulikov A.V., Serikov A.A. Jefferktivnost' gorodskogo passazhirskogo obshhestvennogo transporta: Monografija [Efficiency of urban public transport: monograph]. Volgograd, gos. tehn. uni. Volgograd, 2002: 256 (in Russian).

7. Trofimenko Ju.V., Jakimov M.R. Transportnoe planirovanie: formirovanie jefferktivnyh transportnyh sistem krupnyh gorodov [Transport planning: the formation of efficient transport systems of large cities.] Moscow: Logos, 2013: 45–46 (in Russian).

8. Jacenko S.A. Analiz metodik rascheta potrebnosti avtobusov dlja gorodskih marshrutov [Analysis calculating methods of buses requirements for urban routes]. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2016; 5: 196–202 (in Russian).

9. Ol'hovskij S. Ju. Sorokin S. V. O formirovanii transportnyh sistem gorodov, rjadah vmesti-mosti, sfere ispol'zovanija marshrutnyh taksi [Formation of transport systems, rows capacity, taxis usage sphere]. Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii. 2007; 6. Mashiny, teh-nologii i processy v stroitel'stve : trudy Mezhdunar. kongressa. 6-7 dek. 2007. pp. 266–269 (in Russian).

10. Korjagin M.E. Interval dvizhenija po marshrutu, minimizirujushhij summarnye zatraty transporta i passazhirov [Interval of movement on the route, minimizing the total cost of transport and passengers] Vestnik KuzGTU. 2005; 1: 92–93 (in Russian).

11. Fadeev A.I., Fomin E.V. Metodika reshenija zadachi opredelenija optimal'noj struktury parka podvizhnogo sostava gorodskogo passazhirskogo transporta obshhego pol'zovanija [Methods for solving the problem of determining the optimal structure of the transport fleet of urban public transport] Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2018; 1: 218–227 (in Russian).

12. Fadeev A., Alhuseini S., Belova E.N. Monitoring Public Transport Demand Using Data from Automated Fare Collection System Advances in Engineering Research, volume 158 Proceedings of the International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018). 2018. pp. 5–12.

13. Ospanov D.T. Vlijanie vmestimosti na koeficient ispol'zovanija vmestimosti podvizhnogo sostava gorodskogo passazhirskogo transporta [Capacity effect on the utilization factor of the transport fleet of urban passenger transport]. Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2017; 2(61): 263–268 (in Russian).

14. Fadeev A.I., Kovalev V.A., Fomin E.V. Normirovanie parametrov sistemy passazhirskogo transporta obshhego pol'zovanija [Standardization parameters of public transport]. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2014; 12: 179–183 (in Russian).

15. Kolesov V.I. Guljaev M.L., Osipenko A.M. Identifikacija modeli real'nogo transportnogo potoka v gorode [Identification of the real traffic flow model in the city]. Vestnik Orenburgskogo gosdarstvennogo universiteta. 2011; 10 (129): 43–48 (in Russian).

16. Petrov A. I. Vlijanie vneshnej sredy na ustojchivost' sistemy passazhirskogo obshchestvennogo transporta [Influence of the external environment on the sustainability of the public transport system]. Tjumen': TjumGNGU, 2011. 300 p. (in Russian).

**Поступила 19.03.2019, принята к публикации 21.06.2019.**

**Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

**Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.**

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Фадеев Александр Иванович – канд. техн. наук, доц. кафедры транспорта Сибирского федерального университета (660074, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, д. 26. e-mail: fai@ak1967.ru).

Фомин Евгений Валерьевич – канд. техн. наук, доц. кафедры транспорта Сибирского федерального университета (660074, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, д.26. e-mail:2325337@mail.ru).

Алхуссейни Сами – аспирант кафедры транспорта Сибирского федерального университета (660074, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, д. 26. e-mail: eng.sami20143@gmail.com).

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aleksandr I. Fadeev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Transport Department, Siberian Federal University (660074, Krasnoyarsk, 26 Akademika Kirenskogo St., e-mail: fai@ak1967.ru).

Evgeny V. Fomin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Transport

Department, Siberian Federal University (660074, Krasnoyarsk, 26 Akademika Kirenskogo St., and e-mail: 2325337@mail.ru).

Sami Alhousseini – Postgraduate Student of the Transport Department, Siberian Federal University (660074, Krasnoyarsk, 26 Akademika Kirenskogo St., e-mail: eng.sami20143@gmail.com).

#### ВКЛАД СОАВТОРОВ

Фадеев А.И. Разработка методики расчета предельно допустимого значения коэффициента использования вместимости, исходя из обеспечения норматива наполнения салона на всем протяжении маршрутов в течение всего периода движения транспорта. Подготовка и анализ исходных данных для расчетов.

Фомин Е.В. Подведение расчетов, анализ полученных результатов, участие в разработке методики расчета предельно допустимого значения коэффициента использования вместимости, исходя из обеспечения норматива наполнения салона на всем протяжении маршрутов в течение всего периода движения транспорта.

Алхуссейни С. Анализ состояния вопроса. Обзор литературных источников. Участие в подготовке и анализе исходных данных для расчетов.

#### AUTHORS' CONTRIBUTION

Aleksandr I. Fadeev – methodology for calculating of the marginal value of the capacity utilization factor calculation, based on ensuring standard vehicle's cabin limits throughout routes during the entire period of movement; preparing and analyzing input calculation data.

Evgeny V. Fomin – performing calculations; analyzing obtained results; participation in the methodology development for the marginal value of the capacity utilization factor, based on ensuring standard vehicle's cabin limits throughout routes during the entire period of movement.

Sami Alhousseini – analyzing the problem; reviewing literary sources; participation and analysis of input data for calculations.