



УДК 338.984; 338.47; 338.583

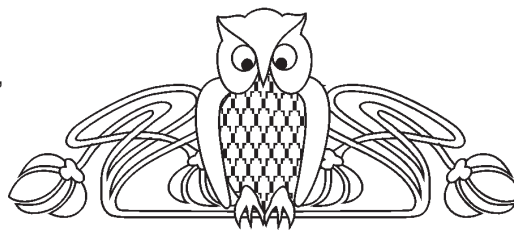
КОНТРОЛЬ ПАССАЖИРОВ В ЭЛЕКТРИЧКЕ: ИНТЕНСИВНОСТЬ И ПРОЦЕНТ ОХВАТА

В. Г. Санков

доктор экономических наук, профессор кафедры «Экономика предприятий, инженерная экономика и логистика», Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.
E-mail: sankovvg@mail.ru

С. А. Морозов

кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика предприятий, инженерная экономика и логистика», Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.
E-mail: morozovsa@sstu.ru



Введение. Решение задачи построения контрольно-кассовой деятельности на пригородных поездах, которая обеспечит высокий уровень охвата пассажиров на всем маршруте движения поезда, можно рассмотреть с точки зрения производительности труда контролеров. Пассажиры электропоезда представляют собой требования на обслуживание со стороны контролеров. Они поступают в вагоны поезда на остановках и покидают поезд независимо от того, обслужили их контролеры или нет. Этот процесс удобно описать с позиции теории массового обслуживания. **Теоретический анализ.** Обсуждается вопрос достижения полной платы за перевозку пассажиров при разных уровнях охвата их контролем. Приводится анализ пассажиропотоков на пригородных железнодорожных перевозках, денежных потоков оплаты проезда и контроля для обеспечения сбора платы за проезд с безбилетных пассажиров. **Результаты.** Обслуживаемый пассажиропоток неравномерен по длине маршрута. Подавляющая часть пассажиров следует на небольшие расстояния и в основном в окрестностях крупных станций, генерирующих и поглощающих потоки пассажиров. Время продвижения поезда по этому участку непродолжительно. Обеспечение сплошного контроля пассажиров пригородных поездов возможно при условии применения локальной тактики маневрирования численностью контролирующей группы, которая сориентирована на наполнение вагонов и на интенсивность процесса ротации пассажиров.

Ключевые слова: пригородные железнодорожные перевозки, контрольно-кассовая служба, затраты, доход, контроль, оптимизация, критерии.

DOI: 10.18500/1994-2540-2015-15-3-291-297

Введение

В последнее время в обслуживании пассажиров на пригородных перевозках электропоездами большая работа проводится пригородными пассажирскими компаниями по предупреждению бесплатного проезда пассажиров [1]. Распространенным способом предупредительной работы по снижению уровня бесплатного проезда пассажиров является проверка билетов в поезде во время движения его по маршруту. И здесь возникает задача такого построения контрольной деятельности, который бы обеспечил высокий уровень охвата пассажиров контролем на всем маршруте

движения поезда [2]. В связи с этим естественно обратиться к понятию «производительность контролеров», которое следует трактовать как количество пассажиров, проверяемое одним работником в единицу времени, пасс./мин.

Теоретический анализ

Процесс проведения контроля пассажиров в поезде хорошо описывается в понятиях теории массового обслуживания. В терминологии теории каждый контролер – «перемещающееся устройство» по вагонам движущегося по маршруту поезда и проверяющее каждого пассажира вагона по пути своего перемещения. Пассажиры электропоезда представляют собой требования на обслуживание со стороны контролеров. Они поступают в вагоны поезда на остановках и покидают поезд независимо от того, обслужили их контролеры или нет. Так, взаимодействуют два потока: поток пассажиров, протекающий через поезд, и поток контрольных действий контролеров, обслуживающих пассажирский поток [3].

Обслуживание пассажиров требует неодинакового времени. У тех пассажиров, которые приобрели билет на поездку, проверка проходит быстро. А у пассажиров, не имеющих проездного документа, проверка переходит в продажу билета и требует существенно большего времени на обслуживание пассажира. По существу, система массового обслуживания может характеризоваться как система со случайно поступающими требованиями на обслуживание. Поступающие в систему требования имеют индивидуальные длительности времени присутствия в вагонах, определяющие нахождение в очереди (следование до своей остановки). И далее, независимо от получения обслуживания, пассажиры «требованиями» покидают очередь. То есть это система массового обслуживания с потерями требований [4].

Другой особенностью взаимодействия описанных потоков является то, что движение



контролеров по поезду осуществляется по маятниковой траектории: сначала в одну сторону до конца поезда, затем в обратную сторону – снова до конца. Входящие на остановках пассажиры размещаются по всем вагонам. По мере продвижения брига те пассажиры, которые входят в вагоны, уже проверенные контролерами, могут быть проверены только с их возвратом, а могут и вовсе не быть подвергнуты проверке, если раньше придут на свою остановку. А те, кто входят в передние вагоны по направлению движения контролеров, могут быть проверены, если время их в поезде будет больше, чем время обслуживания пассажиров до наступления их очереди на проверку. Так на каждом остановочном пункте входящие пассажиры образуют две группы – группу с меньшим временем ожидания контроля (которые находятся по направлению движения контролеров) и с большим (которые сели в только что проверенные вагоны) [5].

Как видим, при описанном порядке ведения контроля пассажиров в поезде всегда возможен вариант для пассажира быть не проконтролированным, особенно при поездке на короткое расстояние, или проконтролированным несколько раз – при поездке на дальние расстояния. Повторные проверки понуждают пассажиров оплатить проезд за все расстояние поездки [6], и тем они полезны для достижения полной оплаты проезда. А вот выпадение из числа проверенных пассажиров может относиться как к безбилетному пассажиру, так и к пассажиру с проездным документом. И кого в этом числе будет больше – зависит от общего соотношения тех и других пассажиров, осуществляющих посадку на остановках поезда.

Результаты

При работе электропоезда на напряженных загруженных маршрутах продвижение контролеров медленное через плотно заселенные вагоны. И тогда значительная часть пассажиров остается непроконтролированной. Это все пассажиры, которые перемещаются на расстояния, требующие меньшего времени, чем время проверки пассажиров, оказывающихся в очереди перед этими пассажирами. Во всяком случае, так подсказывает логика.

Чтобы повысить скорость проверки контролерами пассажиров, необходимо увеличивать количество контролеров в поезде. Чем их больше, тем выше их суммарная производительность, тем быстрее они будут совершать обход вагонов и подвергать контролю большую часть от перевезенного по маршруту количества пассажиров, приближаясь к полному охвату пассажиров контролем. Как показывает практика, тактика организации проверок документов у пассажиров должна учитывать специфику обслуживаемых пассажиропотоков на маршрутах.

Как выглядит процесс протекания потока пассажиров и связанного с ним денежного потока оплаты проезда пассажиров через вагоны поезда, можно показать на примере поезда «Анисовка – Аткарск» № 6433 Саратовского транспортного узла (рис. 1). Группирование пассажиров по количеству тарифных зон, выполненное по статистическим данным о сходе и заходе по маршруту следования, позволила построить наблюдаемое распределение пассажиров (табл. 1) и суммарную стоимостей их билетов (табл. 2).

Таблица 1

Распределение пассажиров по дальности проезда по группам ABC

Группа	Дальность проезда, количество зон	Количество пассажиров, чел.	Доля группы в общем объеме, %	Накопление, %
А	1	586	40,44	40,44
	2	525	36,22	76,66
В	3	203	14,03	90,69
	4	74	5,14	95,83
С	5	27	1,86	97,69
	6	13	0,88	98,57
	7	7	0,51	99,08
	8	7	0,51	99,59
	9	5	0,33	99,92
	10	1	0,05	99,97
	11	0	0,03	100,00
Всего		1449	100,00	

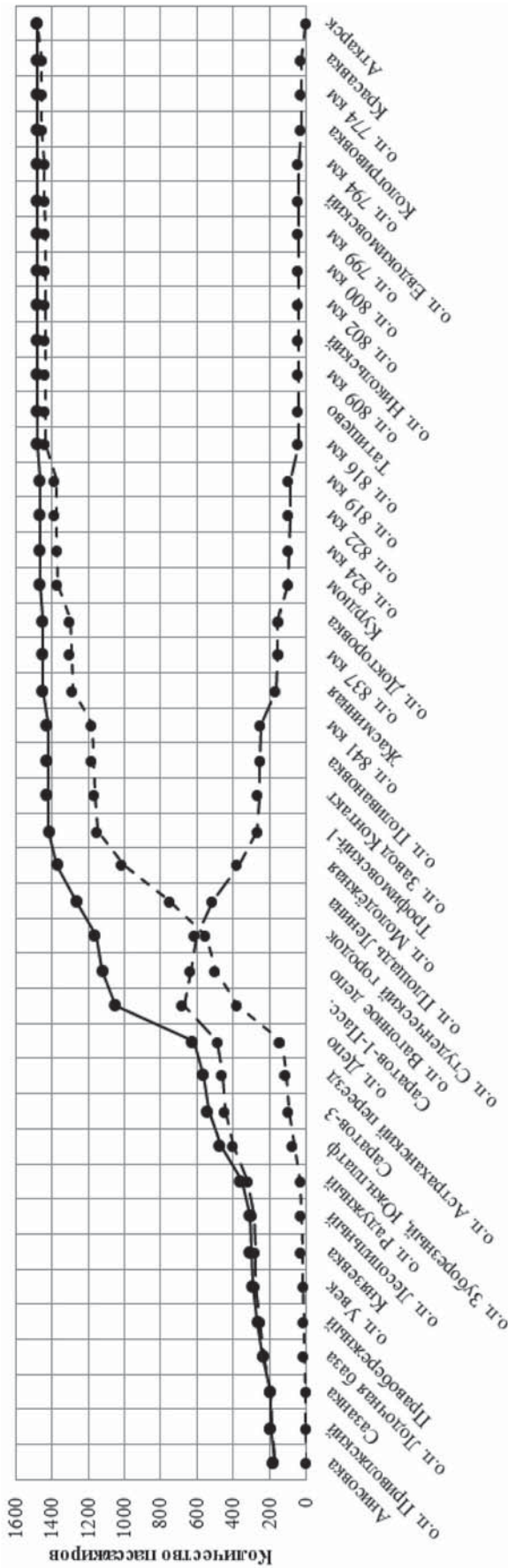


Рис. 1. Графики процесса обслуживания пассажиров пригородным электропоездом № 6433 «Анисовка – Аткарск»

Таблица 2

Группирование методом ABC-анализа по суммарной стоимости билетов и дальности проезда пассажиров

Группа	Дальность проезда, количество зон	Сумма стоимости проезда перевозимых пассажиров, руб.	Доля группы в общем объеме, %.	Накопление, %
A	2	15745	35,93	35,93
	3	9152	20,89	56,82
	1	8791	20,06	76,88
B	4	4469	10,20	87,08
	5	2017	4,60	91,69
	6	1149	2,62	94,31
	8	886	2,02	96,33
C	7	782	1,78	98,11
	9	640	1,46	99,57
	10	114	0,26	99,83
Всего	11	73	0,17	100,00
		43817	100,00	



Основная масса пассажиров (92,80%) находится в поезде и осуществляет посадку и высадку в течение движения электропоезда через 11 остановочных пунктов и станций, составляющих 26,83% от 41 пункта на маршруте. С точки зрения контроля проездных документов этот участок требует акцентированной проверки, поскольку именно здесь происходит максимальное наполнение поезда и присутствует основная масса перевозимых на маршруте пассажиров. Проведение сплошной проверки на данном участке пути позволит в течение часа (столько электропоезд на-

ходится на этом участке маршрута) практически проверить около 93% перевезенных по маршруту пассажиров, на долю которых приходится около 87% стоимости от выручки с продажи им проездных документов.

Из распределения суммарной стоимости билетов (см. табл. 2) видно, что в пределах дальности 4 зон собирается основная масса стоимости проезда пассажиров (87,08%). А с учетом дальности проезда 5 зон сумма сборов за проезд составляет (91,69%). На рис. 2 и 3 эти функции распределения имеют подтверждающие графики.

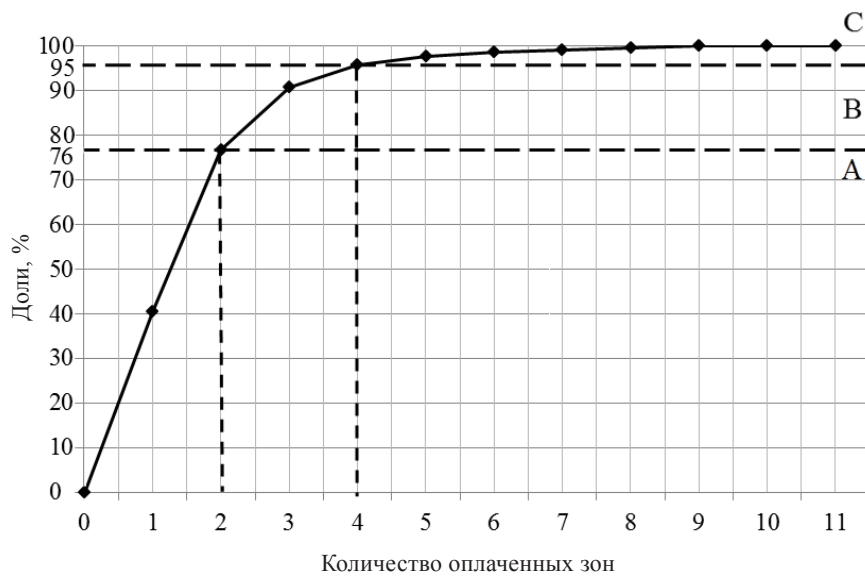


Рис. 2. Распределение пассажиров по количеству зон проезда по группам АВС

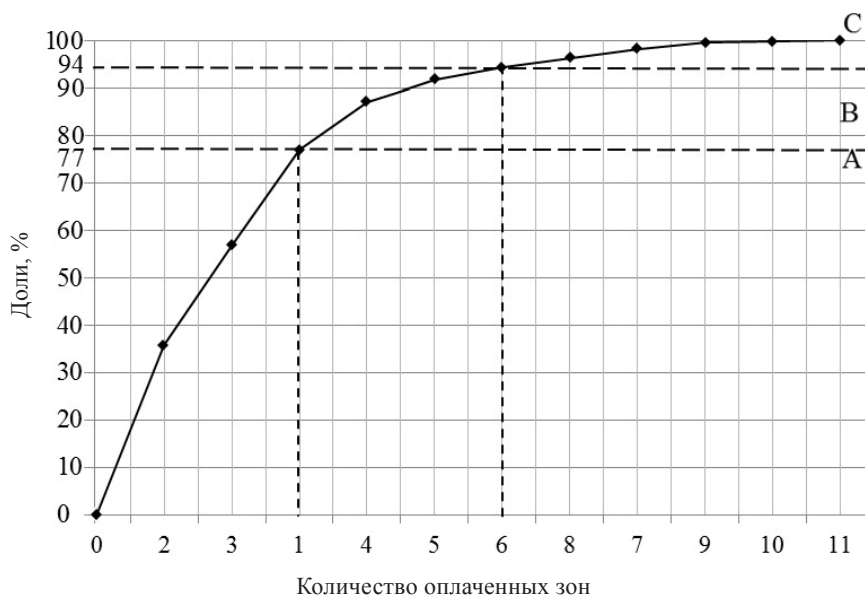


Рис. 3. Группирование методом АВС-анализа по суммарной стоимости билетов и дальности проезда пассажиров



Для описания распределения пассажиров по зонам удобно применить метод номенклатурных групп, являющийся модификацией правила Парето. В классическом определении правило Парето гласит, что внутри определенной группы или множества отдельные малые части обнаруживают намного большую значимость, чем это соответствует их относительному удельному весу в этой группе. Метод ABC удобно применить при исследовании распределения приобретенных билетов по количеству зон проезда.

Так, для распределения удобно использовать границы групп ABC в процентном соотношении

80/15/5. Таким образом, производится деление на три неравномоощных подмножества А, В и С на основании некоторого формального алгоритма.

По количеству приобретенных билетов группу А образуют пассажиры, оплатившие одну и две зоны, группу В – три и четыре зоны, остальные образуют группу С (см. рис. 3).

По объему доходов (распределение по количеству оплаченных зон) группу А составляют пассажиры, оплатившие от одной до трех зон, группу В – пассажиры, оплатившие проезд от 4 до 6 зон, остальные образуют группу С (рис. 4).

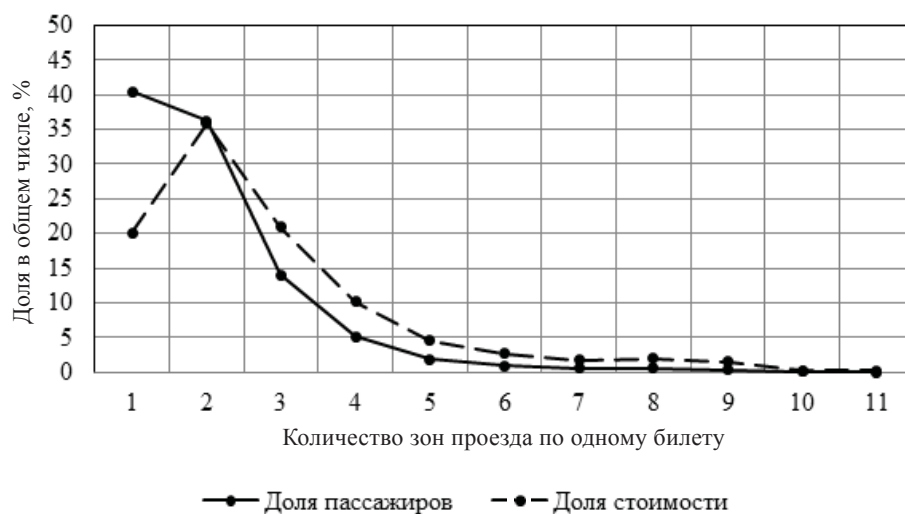


Рис. 4. Наблюдаемое распределение пассажиров и сумм оплаты по дальности проезда по количеству тарифных зон

Как видно из рис. 4, доходы от пассажиров, проезжающих только одну тарифную зону, находятся на третьем месте. И по удельному весу они составляют 20,60%, хотя их доля в численности перевезенных пассажиров составляет 40,44%. Самой «доходной» по стоимости проезда является поездка пассажиров на расстояние двух тарифных зон. Сборы платы за проезд здесь составляют 35,93% при доле перевозимых пассажиров на это расстояние 36,22%. Дальность поездок на три тарифные зоны находится на третьем месте и по количеству пассажиров (14,03%) и по суммарной стоимости проезда (20,89%).

Расположение остановок, отличающихся высокой динамикой ротации пассажиров за счет проезжающих одну тарифную зону, в локальной части маршрута (друг за другом непрерывно в городе), создает ситуацию для реализации массовой проверки документов во время нахождения поезда в городской зоне.

Кроме того, те пассажиры, которые следуют на большее количество тарифных зон, в подавля-

ющем большинстве случаев садятся на поезд в течение проезда электрички на этом же участке.

Это специфика пригородных перемещений населения: город притягивает пригородных жителей. В маршруте следования поезда участок движения по городу считается городской перевозкой, на котором действует единый тариф. Зачастую именно внутригородские остановки являются начальными или конечными пунктами поездки. Например, на данный поезд за границей города сели только 5,30% пассажиров (группа С) от общего количества перевезенных по маршруту. А сошли с поезда 16,0%, что свидетельствует об их посадке в поезд на остановках электропоезда в черте города.

Обозначим $t_{\text{ОБ}}$ – среднее время обслуживания пассажира с билетом, мин/пасс.; t_0 – среднее время обслуживания пассажира без билета, мин/пасс.; t – среднее время обслуживания контролем одного пассажира, мин/пасс. $\sigma_{\text{ОБ}}$ – среднее квадратическое отклонение времени обслуживания пассажира с билетом; σ_0 – среднее ква-



дратическое отклонение времени обслуживания пассажира без билета; σ – среднее квадратическое отклонение времени обслуживания пассажира; P_B – вероятность проверяемого пассажира с билетом; $(1 - P_B)$ – вероятность проверяемого пассажира без проездного документа; W – средняя производительность проверки контролера, пасс./мин.

Отсюда среднее время обслуживания одного пассажира, среднее квадратическое отклонение времени обслуживания одного пассажира контролем и средняя производительность контролера определяются зависимостями

$$t = t_{об} \cdot P_B + t_0 \cdot (1 - P_B), \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{об}^2 \cdot P_B + \sigma_0^2 \cdot (1 - P_B)}, \quad (2)$$

$$W = \frac{60}{t}. \quad (3)$$

Начиная проверку билетов с определенной станции, проследим за охватом пассажиров контролем. Среднее количество пассажиров в одном вагоне (n) равно общему количеству пассажиров в поезде на перегоне (N) (от станции до следующей станции), деленному на число вагонов (V):

$$n = \frac{N}{V}. \quad (4)$$

Поезд, согласно расписанию, проходит перегон за несколько минут (T). Бригада контролеров из (K) человек проконтролирует ($\Pi_{пасс}$) пассажиров:

$$\Pi_{пасс} = W \cdot T \cdot K. \quad (5)$$

Если это количество пассажиров будет больше среднего количества (n) пассажиров в вагоне ($\Pi_{пасс} \geq n$), то к следующей остановке контролеры перейдут в другой вагон. В вагонах произойдет изменение количества пассажиров: часть – сойдут, а к оставшимся добавятся новые пассажиры, вошедшие на остановке.

Общее количество пассажиров, вошедших на остановке в поезд, распределится примерно поровну по вагонам. Своя часть войдет и в проверенный вагон. Эти пассажиры будут проверяться, когда контролеры вернутся в этот вагон. Таким образом, в поезде произошли изменения в составе пассажиров по признаку проверки проездных документов.

Контролеры продолжают работу, обслуживая пассажиров следующего вагона. До следующей остановки, возможно, они перейдут в следующий вагон, а может, и еще дальше. На новой остановке из только что обслуженных вагонов сойдут обслуженные пассажиры, а с первого вагона могут сойти и севшие в вагон на предыдущих остановках, которые не были обслужены.

Обслуживать пассажиров контролем можно только во время нахождения их в поезде. Но обслуживаемый пассажиропоток неравномерен по длине маршрута. Подавляющая часть пассажиров следует на небольшие расстояния, и в основном в окрестностях крупных станций, генерирующих и поглощающих потоки пассажиров. Время продвижения поезда по этому участку непродолжительно. На примере рассматриваемого поезда это 11 остановок в пределах черты города. На них приходится 92,80% перевозимых пассажиров. А время прохождения поездом данного участка маршрута – около одного часа. И, учитывая ограниченную производительность контролеров, за короткое время они проверят небольшое количество пассажиров, остальная же, большая их часть, будет не проверена и далеко не все из них будет с билетами.

При вероятности безбилетного проезда пассажира 0,4 и затратах времени на выдачу билета контролером в 1 минуту, при длительности проверки пассажира с билетом 0,25 минуты среднее время проверки одного пассажира будет $(1 \cdot 0,4 + 0,25 \cdot 0,6 = 0,55)$ 0,55 минуты с вариацией. За 60 минут контролер в состоянии проверить в среднем $(\frac{60}{0,55} = 109)$ 109 пассажиров.

И даже ускорив процесс контроля в 2 раза, т. е. повысив производительность, можно надеяться на проверку одним контролером в среднем 218 пассажиров.

При заселенности вагонов в среднем по 120 пассажиров и при длине поезда в 6 вагонов необходимо привлечь для контроля $(720/109)$ 7 проверяющих. А при полной смене пассажиров на этом расстоянии 720 пассажиров не подвергнутся контролю из-за полной смены пассажиров в вагонах. Из этого вытекает необходимость удвоения числа контролеров и доведения их до 14 человек на данном участке движения электропоезда. Сделанное допущение на удвоение производительности контролеров дает сравнительно приемлемую картину проверки и продажи билетов.

Пример показывает, что обеспечить сплошной контроль пассажиров, перевозимых в пригородных поездах, можно при условии применения локальной тактики маневрирования численностью контролирующей группы, которая, в свою очередь, должна быть сориентирована на существующее наполнение вагонов и на интенсивность процесса ротации пассажиров.

Список литературы

1. Санков В. Г., Морозов С. А. Оптимизация количества контролеров на перевозках пассажиров электропо-



- ездами по соответствию финансового потока пассажирскому // Вестн. Самар. гос. экон. ун-та. 2012. № 9. С. 91–97.
2. Санков В. Г., Морозов С. А. Регулирование оплаты проезда на железнодорожном транспорте пригородного сообщения (логистическое измерение). Саратов : Сарат. гос. техн. ун-т, 2014. 180 с.
 3. Санков В. Г., Морозов С. А. Инновационный подход к прогнозному моделированию пассажиропотоков на пригородных поездах // Инновационная деятельность. 2011. № 4 (17). С. 115–123.
 4. Кирпичников А. П. Методы прикладной теории массового обслуживания. Казань : Казан. ун-т, 2011. 200 с.
 5. Социально-экономическая статистика : учебник для академического бакалавриата / под ред. М. Р. Ефимовой ; Гос. ун-т управления (Москва). 2-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт, 2014. 591 с.
 6. Морозов С. А., Санков В. Г. Контроль оплаты проезда на электропоездах : систематизация и характеристика методов // Логистика. 2014. № 1. С. 36–38.

Control of Passengers in Commuter Train: the Intensity and Interest Coverage

V. G. Sankov

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
77, Politechnicheskaya str., Saratov, 410054, Russia
E-mail: sankovvg@mail.ru

S. A. Morozov

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
77, Politechnicheskaya str., Saratov, 410054, Russia
E-mail: morozovsa@sstu.ru

Introduction. Solving the problem of building cash activity on commuter trains, which will provide a high level of coverage of passengers on all trains route, can be considered from the point of view of productivity of supervisors. Passengers trains represent the requirements for service on the part of supervisors. They come in a railroad train at stops and leave the train, serving their supervisors or not. This process is convenient to describe position of queueing theory. **Theoretical analysis.** Discusses achieving full payment for the carriage of passengers, with different levels of coverage. An analysis on suburban passenger rail, cash flows pay their passage,

and monitoring to ensure the collection of tolls from the stowaways. **Results.** Accepted passengers not uniform along the length of the route. The vast majority of passengers should be on small distances and mainly around major stations, generating and absorbing the flows of passengers. Time to move trains on this site not long lasting. Ensuring continuous monitoring of passengers transported in commuter trains may subject local tactics maneuvering strength of controlling group focus on filling the carriages and the intensity of the rotation process passengers.

Key words: rail, check-out service, cost, revenue, control, optimization, criteria.

References

1. Sankov V. G., Morozov S. A. Optimizaciya kolichestva kontrolerov na perevozkah passazhirov ehlektropoezdami po sootvetstviyu finansovogo potoka passazhirskomu [Optimization of the number of inspectors at the passenger trains by matching passenger flow]. *Vestnik Samar-skogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [Vestnik of Samara State Economic University], 2012, no. 9, pp. 91–97.
2. Sankov V. G., Morozov S. A. *Regulirovanie oplaty proezda na zheleznodorozhnom transporte prigorodnogo soobshcheniya (logisticheskoe izmerenie)* [Regulation of travel on commuter rail (logistics measurement)]. Saratov, Saratov State Technical Univ. Press, 2014. 180 p.
3. Sankov V. G., Morozov S. A. Innovacionnyj podhod k prognoznomu modelirovaniyu passazhiropotokov na prigorodnyh poezdah [An innovative approach to predictive modelling passenger flows on commuter trains]. *Innovacionnaya deyatel'nost'* [Innovation], 2011, no. 4 (17), pp. 115–123.
4. Kirpichnikov A. P. *Metody prikladnoj teorii massovogo obsluzhivaniya* [Applied techniques of queueing theory]. Kazan, Kazan Univ. Press, 2011, 200 p.
5. *Social'no-ehkonomicheskaya statistika* [Socio-economic statistics. Ed. by M. R. Efimova. 2nd ed.]. Moscow, Urait Publ., 2014. 591 p.
6. Morozov S. A., Sankov V. G. Kontrol' oplaty proezda na ehlektropoezdah: sistematizaciya i harakteristika metodov [Travel control on electric trains: systematization and characterization methods]. *Logistika* [Logistics], 2014, no. 1, pp. 36–38.