

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ КОНТРОЛЯ НА ПОЛНОТУ СБОРОВ ОПЛАТЫ ПРОЕЗДА



**СЕРГЕЙ
МОРОЗОВ,**
Саратовский
государственный
технический
университет,
аспирант

Разработка графика линейного контроля на пригородном железнодорожном транспорте представляет собой коммерческую задачу. Её решение направлено на увеличение выручки от перевозки пассажиров. Это увеличение должно быть достигнуто за счет растущих продаж проездных документов до посадки в поезд и оформления проездных документов во время следования поездов. Кроме того, линейный контроль должен стимулировать пассажиров к оформлению проездных документов в кассах железнодорожных платформ перед поездкой на пригородном поезде. При этом оптимизируются и затраты на выполнение контрольных и кассовых операций в пути. При такой постановке задачи ведения линейного контроля возникает потребность в использовании двух характеристик пассажиропотоков: количества безбилетных пассажиров в обслуживаемом пассажиропотоке и величины производной от него функции — потерь от неоплаченной перевозки.

При анализе пассажирских перевозок первичными данными являются билеты пассажиров, оформленные до посадки в поезд. Для последующего рассмотрения представим пассажиропоток в виде таблицы (таблица 1), отражающей его величину кусочками потоков между пунктами остановок [1].

По строкам таблицы показаны пассажиропотоки, формируемые соответствующими пунктами. Величина общего потока на каждом участке между остановками определяется путем добавления числа вошедших и вычитания сошедших пассажиров на каждой остановке элект-

рички. Общий поток на участке получается суммированием по столбцам (Q).

Количество проданных билетов не дает полной информации о величине пассажиропотока, так как в них не представлена величина пассажиропотока с неоформленными проездными документами. Инструментальный аппарат для решения поставленной в начале статьи задачи предлагает логистика.

Первым шагом в решении данной задачи является нахождение начальных данных, то есть величины пассажиропотока по станциям в разрезе исследуемого временного интервала. Исходными данными для нахождения пассажиропотока являются статистические данные продаж билетов по станциям и данные натурных наблюдений о величине безбилетного проезда. Для начала построения общего пассажиропотока можно воспользоваться данными продаж билетов. В результате получится поток пассажиров, оформивших проездные документы.

Для уточнения пассажиропотока используется представление пассажиропотока с выделением заходящих и выходящих пассажиров по станциям (таблица 1). В предлагаемой матрице наглядно представлена населенность вагона в процессе следования, причем отчетливо отражена величина потока на перегонах между станциями с показом количества заходящих и числа выходящих пассажиров [1].

Эти данные в дальнейшем будут использоваться для расчета графика работы линейного контроля по выявлению безбилетных пассажиров.

Таблица 1

**Матрица входа и выхода пассажиров
по станциям движения электропоезда**

Ост.	Количество пассажиров, едущих в поезде на момент прибытия к данной станции									
Ост.	0	1	2	3	4	...	j	...	К	
0	0	3_0	$3_0 - B_1^0$	$3_0 - \sum_0^2 B_2^0$	$3_0 - \sum_0^3 B_3^0$	...	$3_0 - \sum_0^{j-1} B_{j-1}^0$	...	$3_0 - \sum_0^{k-1} B_{k-1}^0$	
1		0	3_1	$3_1 - B_2^1$	$3_1 - \sum_1^3 B_3^1$	...	$3_1 - \sum_1^{j-1} B_{j-1}^1$	...	$3_1 - \sum_1^{k-1} B_{k-1}^1$	
2			0	3_2	$3_2 - B_2^2$	...	$3_2 - \sum_2^{j-1} B_{j-1}^2$	...	$3_2 - \sum_2^{k-1} B_{k-1}^2$	
3				0	3_3	...	$3_3 - \sum_3^{j-1} B_{j-1}^3$	...	$3_3 - \sum_3^{k-1} B_{k-1}^3$	
4					0	...	$3_4 - \sum_4^{j-1} B_{j-1}^4$	...	$3_4 - \sum_4^{k-1} B_{k-1}^4$	
	...	...	...	...	...	0	...	...	...	
i						...	0	...	$3_i - \sum_i^{k-1} B_{k-1}^{i-1}$	
	...	...	...	...	...	...	...	0	...	
k						...	...	...	0	
	0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	...	Q_j	...	Q_k	

АННОТАЦИЯ:

В статье предложена методика разработки графика работы линейного контроля в пригородных поездах с применением логистического подхода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

линейный контроль, пригородные поезда, электрички, контролер, социальная память.

ANNOTATION:

The article proposes a method for the development of a linear control schedule on commuter trains using logistic approach.

KEYWORDS:

linear control, commuter trains, train, controller, social memory.

Использованные в матрице обозначения:

Z_i — количество пассажиров, вошедших на i -ой станции;

B_i^j — количество пассажиров, зашедших на станции i и вышедших на станции j ;

k — номер конечной станции следования поезда;

Q_j — количество пассажиров, находящихся в поезде в момент прибытия на j -тую станцию.

В предложенной матрице, как было показано выше, диагональ представляет собой количество пассажиров, зашедших на каждом остановочном пункте. Далее в каждой строке показано количество выходящих пассажиров, зашедших на соответствующей данной строке станции по мере дальнейшего продвижения поезда по маршруту движения.

Алгоритм построения матрицы даёт важную информацию о распределении пассажиров от станции посадки до каждой станции выхода этих пассажиров. Практическая оценка данных сведений не производится. Эти же межстанционные потоки пассажиров можно выявить, используя логически верное утверждение «количество вошедших пассажиров равно количеству вышедших на станциях за время дальнейшего движения электропоезда после посадки». То есть, опираясь на статистику продаж билетов, можно сделать вывод, что формирование пассажиропотока между станциями равнозначно можно определить как по заходу, так и по выходу пассажиров.

Используем обозначение пассажиропотока по вошедшим пассажирам на станции i и сошедшим — на станции j — B_i^j .

Количество вышедших на станции пассажиров определяется по формуле:

$$B_i^j = \frac{P_j}{\sum_{i=1}^k P_i}, \text{ где}$$

P_j — количество оформленных проездных документов на станции выхода — j ,

P_i — количество оформленных проездных документов на станции захода i .

После установления потоков пассажиров, оформляющих проездные билеты, необходимо найти полный пассажиропоток. В разных литературных источниках упоминается о различных уровнях безбилетного проезда пассажиров. Так, президент ОАО «РЖД» Владимир Якунин говорит о 50%-м уровне оплаты проезда [3]. Руководители и работники ОАО «Саратовская пассажирская пригородная компания» утверждают, что на их линиях обслуживания уровень безбилетного проезда не опускается ниже 20%. Несмотря на различные экспертные оценки, эта доля пассажиров является внушительной. Проведённое в 2008 году обследование пассажиропотоков показало, что сокращение безбилетного проезда на 5% могло бы дать Саратовской области еще 11,1 млн руб. в год дополнительных сборов.

Проведение линейного контроля платы пассажиров за проезд призвано, с одной стороны, прямо влиять на финансовые результаты перевозочной деятельности (сбора платы за проезд и платы за услуги по продаже билетов во время движения), во-вторых, формировать у пассажиров «психологическую настроенность» на неизбежность проверки оплаты проезда. Этот эффект основан на «социальной памяти» пассажиров по поводу регулярно проводимого у них контроля проездных документов [2]. Этот факт играет важную роль в организации работы бригад контроля на линии. Смысл учета такого воздействия заключается в том, что весь пассажиропоток можно разделить на группы, различающиеся по форме зависимости воздействия на них мероприятий контроля. Разная психологическая «настроенность» пассажиров на необходимость оплаты каждой поездки на электропоезде определяет общую долю оплаченного ими проезда. Полнота сбора оплаты за перевозку пассажиров зависит от про-

должительности (в днях) перерывов в проведении контроля их оплаты своего проезда. И эта зависимость для каждой группы пассажиров имеет следующий вид (рис. 1).

На рисунке 1 показаны два участка: участок перевозок без работы бригад контроля и другой, где бригады работают постоянно. В приведенный график с учетом событийного характера контроля (дискретности) и неполного охвата всего пассажиропотока необходимо ввести корректировку [2]. Она должна касаться индивидуализации графиков для каждой группы пассажиров, образующих вместе общий пассажиропоток.

Учитывая данное уточнение, дальнейшее рассмотрение пассажиропотока будет вестись в разрезе выделяемых групп пассажиров. В качестве признака классификации пассажиропотоков можно рассмотреть деление на группы по социальной принадлежности или по возрасту пассажиров.

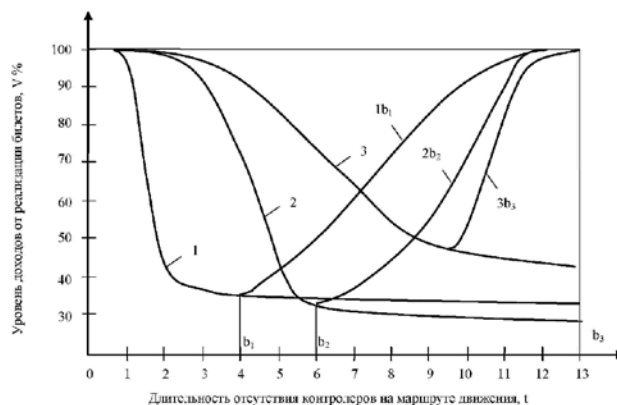


Рисунок 1

Принципиальная зависимость изменения собираемости платы за проезд при прекращении контрольного надзора по группам (1, 2, 3) и после их возобновления (1b1, 2b2, 3b3).

Для деления по социальному статусу возможно применение классификации по виду группы оформления проездного документа. Группы по виду оформления проездного документа выделяют следующим образом:

- платные пассажиры — 38,2%;
- железнодорожники — 15,1%;
- федеральные льготники — 10,9%;
- региональные льготники — 31,6%;
- школьники и студенты — 3,9%;
- военнослужащие — 0,2%.

Выделяемые группы можно разделить еще на два вида: пассажиры, регулярно оформляющие проездные документы и оформляющие с большой долей безбилетного проезда. К группе пассажиров, оформляющих проездные документы, относятся: железнодорожники, федеральные льготники, региональные льготники, военнослужащие. К группе пассажиров, оформляющих с большой долей безбилетного проезда, относятся: платные пассажиры, школьники и студенты. Причем необходимо заметить, что самая большая группа платных пассажиров наиболее разрознена в плане оплаты проезда. Такую классификацию неудобно применять для прогнозирования влияния контроля на долю пассажиров с билетами.

Возрастная классификация пассажиров более предпочтительна для решения рассматриваемой задачи. Хотя она и сложна в разбиении пассажиропотока, но более удобна для алгоритмизации. В качестве групп следует применить деление пассажиров по следующим возрастным категориям:

- 14—25 лет;
- 26—40 лет;

- 41-пенсионный возраст;
- пассажиры, находящиеся в возрасте дожития.

На основании принятой классификации потоков следует оценить влияние работы бригад контроля на оплату проезда по каждой группе пассажиров. По внешнему виду кривых на рисунке 1 выбирается аппроксимирующая функция описания характера уменьшения уровня оплаты проезда в виде тригонометрической функции COSINUS с интервалом расчета $[0; \pi]$. При выходе за интервал расчета функции уровня оплаты проезда, функция потерь приравнивается всему сбору с данной возрастной группы. Для исключения области значений функции косинус из интервала $[-1; 1]$ полуинтервала $[-1; 0]$ и введения в область значений функции интервала $[0; 1]$ необходимо использовать следующую запись функции:

$$F_{YOP} = 0,5 \cdot (1 + \cos(S \cdot k_g)), \text{ где}$$

F_{YOP} — функция уровня оплаты проезда;

S — порядковый номер останавливающегося поезда;

k_g — коэффициент релаксации группы (определяется эмпирически).

При проведении линейного контроля возникает частичное возвращение функции уровня оплаты проезда в исходное состояние. Необходимо определить конкретную (с определёнными коэффициентами) зависимость возврата функции для каждой категории пассажиров.

Для нахождения функции описания кривой падения сборов оплаты за проезд установим необходимые допущения. Первичной информацией в этой процедуре является поток пассажиров, образованный, по меньшей мере, одними и теми же людьми. Один человек, как правило, осуществляет не более одной поездки в день. То есть можно сделать допущение, что для n проходящих поездов в день поток пассажиров на каждом поезде считаем как общий поток на станции за день, умноженный на $\frac{1}{n}$.

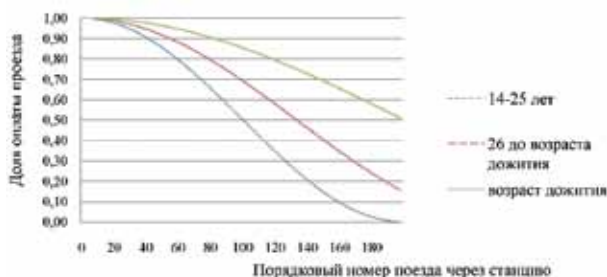


Рисунок 2

Зависимость изменения сбора платы за проезд при отсутствии контрольного надзора в поездах, прибывающих на остановочный пункт, для 200 поездов одного направления по 3 категориям пассажиров

Следующей оговоркой является то, что при контроле потока не будет достигнут эффект уровня 100%. Поэтому необходимо установить требуемый или достаточный уровень воздействия мероприятий линейного контроля на поток. Для многих систем с большой вероятностью возникновения события по умолчанию устанавливается уровень, равный $\frac{\sqrt{2}}{2}$.

Для теоретического анализа за исходное значение точки отсчета для функции уровня оплаты проезда F_{YOP} можно принять 100%. За величину возврата F_{YOP} в результате линейного контроля во время прибытия на данную станцию примем для описания функцию арккосинуса от разности максимального уровня сбора и функции оплаты проезда. При этом уровень влияния установим как $\frac{\sqrt{2}}{n \cdot 2}$.

$$V_Y = \frac{\sqrt{2}}{n \cdot 2} \cdot \arccos(1 - F_{YOP}), \text{ где}$$

V_Y — величина функции исключения потерь;

n — число поездов, проходящих в день через станцию;

$\frac{\sqrt{2}}{2}$ — уровень действия линейного контроля на уровень сбора платы за проезд.

Для проведения расчетов проведём эксперимент. Установим следующую дисциплину линейного контроля. Сначала контроль проводится на каждом десятом поезде до прохождения через станцию 100-го поезда. Затем пропускаются без контроля еще 50 поездов. Далее, для следующего десятка поездов устанавливается сплошной контроль для каждого прибывающего поезда (рис. 3).

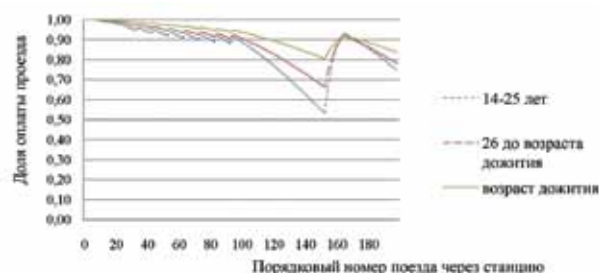


Рисунок 3

Зависимость изменения уровня сбора платы за проезд для 200 поездов, прибывающих на станцию одного направления, для 3 категорий пассажиров при наличии контроля в некоторых поездах

Видно, что удержание уровня функции оплаты проезда намного эффективней, чем организация мероприятий по возврату ее к исходному значению после длительного времени неприменения контроля на линии.

Таким образом, для алгоритма оптимизации графика работы линейного контроля для каждой конкретной станции и группы пассажиров нахождение уровня функции оплаты проезда для каждой категории происходит по формуле:

$$F_{YOP} = 0,5 \cdot \left[1 + \cos \left[S \cdot k_g + \frac{\sqrt{2}}{n \cdot 2} \cdot \arccos(1 - F_{YOP}) \right] \right], \text{ где}$$

Причем добавка $V_Y = \frac{\sqrt{2}}{n \cdot 2} \cdot \arccos(1 - F_{YOP})$ возникает только

при наличии контроля.

Таким образом, определен алгоритм нахождения уровня оплаты проезда для пассажиров на конкретной станции, что дает возможность расчета финансового показателя сбора от мероприятия контроля в данном поезде для каждой станции по матрице схода-захода пассажиров.

Библиографический список

1. Санков В.Г. К вопросу о контроле платы за проезд на электропоездах пригородного сообщения / В.Г. Санков, С. А. Морозов // KANT. — 2011. — №1/1. — С. 119—122.
2. Санков В.Г. К теории вопроса логистической организации контроля адекватного взаимодействия пассажирского и финансового потоков на пригородных железнодорожных перевозках. / В. Г. Санков, С.А. Морозов // Вестник Самарского государственного экономического университета. — 2011 № 4.
3. Владимир Якунин: более 50% пассажиров электричек не платят за проезд. <http://www.bfm.ru/news/2010/11/18/jakunin-bolee-50-passazhirov-elektrichkek-ne-platjat-za-proezd.html> (2011.08.01).