

**Д. В. Енин,**

директор ООО «Институт прикладных транспортных исследований» (ООО «ИПТИс»), доцент кафедры логистики Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), кандидат технич. наук

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЧИСЛЕННОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОТОКОВ В САЛОНАХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Планирование обследований пассажирских потоков связано с проблемой определения минимальной и одновременно достаточной выборочной совокупности транспортных средств, которые необходимо задействовать в таких обследованиях. Требования к обследованиям со стороны заказчиков бывают различными, в т. ч. необоснованно завышенными, а иногда носят просто формальный характер. В таких случаях результаты получаются частично или полностью недостоверными. В статье представлены апробированные автором методические подходы к определению численности подвижного состава при планировании и проведении обследований пассажирских потоков в салонах транспортных средств на основе табличного метода.

Ключевые слова: пассажирский поток, обследования, выборочная совокупность, способ.

Passenger flow surveys planning associated with the problem of determining the appropriate sample vehicle. Customer requirements for conducting surveys are too high or low. This affects the accuracy of the results. In these cases, the results may be inaccurate. In this article the author are tested methodical approaches to determining the number of vehicles in planning and conducting surveys of passenger flows coachwork based on tabular method.

Keywords: passenger flow, research, sampling frame, method.

В 1968 году в одной из своих публикаций известный отраслевой специалист Георгий Аркадьевич Варелопуло писал о том, что при проведении обследований пассажирских потоков недопустимо подменять сплошные обследования выборочными, вследствие существования труднопредсказуемых внутрисюсовых микропиковых периодов [1]. Эти периоды характеризуются неравнозначным числом перевезенных пассажиров транспортными средствами одного маршрута, поэтому восстановленные на основе таких неполных данных среднесюсовые значения пассажирского потока будут отличаться от фактических. Значительные внутрисюсовые колебания пассажиров в середине 1990-х годов наблюдал Лев Иосифович Свердловин [2], а в последнее десятилетие они изучались автором настоящей статьи при проведении обследований пассажирских потоков в таких городах, как Красноярск, Воронеж, Нижний Новгород. Результаты этих работ свидетельствуют о значительном влиянии числа транспортных средств, задействованных в обследованиях пассажирских потоков, на точность итоговых среднесюсовых значений перевезенных пассажиров.

Именно точность результатов определяет возможность использования выборочных или сплошных методов обследований пассажирских потоков для решения определенных групп транспортных задач. Например, для анализа соответствия выручки перевозчика фактическому

числу перевезенных платных пассажиров корректное решение возможно только на основе сплошных обследований (такая ситуация соответствует позиции Г.А. Варелопуло). Однако для целей планирования перспективного развития пассажирского транспорта на средне- или долгосрочную перспективу или уточнения графиков движения транспортных средств на действующих маршрутах применение выборочных методов обследований является оправданным, что подтверждается математическими теориями и многолетней международной практикой.

В настоящей статье рассматриваются вопросы применительно к задачам планирования. В этой связи вопрос о целесообразности выборочных обследований переходит к вопросу о приемлемой точности результатов. Ответ на этот вопрос содержится в правильном планировании численности подвижного состава для обследования пассажирских потоков в салонах транспортных средств.

В отрасли существуют разные интерпретации приемлемой выборочной совокупности транспортных средств, подлежащих обследованию. Так, например, в работе [3] приводится цифра 40%. Известный отраслевой специалист к.т.н. Эдуард Енфанович Мун при планировании обследований пассажирских потоков на маршрутных такси нередко исходил из достаточности 20–30% транспортных средств. Анализ отечественного опыта и собственные наблюдения привели к одной из рабочих версий



Таблица

Выборочная совокупность маршрутных транспортных средств

№ пп	Максимальное число транспортных средств на маршруте, ед.	Доля обследуемых транспортных средств по классам, %	
		Малой вместимости	Средней и большой вместимости
1	3 и менее	100	100
2	4–5	60–70	80
3	6–10	30–40	70
4	Более 10	20–30	50–60

Пример 1. Для маршрута, на котором работают 12 транспортных средств (ТС), при $\lambda = 0,65$ обследованию подлежат не менее 6 ТС, а в случае $\lambda = 0,85$ не менее 9 ТС.

Данный способ может иметь место на маршрутах со значительными и/или равномерными пассажирскими потоками, а также при устойчивых значениях

формализованного подхода установления приемлемой выборочной совокупности, представленной в таблице.

В процессе поиска универсальной для решения поставленной задачи методики расчета автором были разработаны и неоднократно применялись на практике следующие три способа определения выборочной численности подвижного состава при планировании обследований пассажирских потоков в салонах транспортных средств.

Способ 1

Первый способ основан на эмпирическом представлении о минимально допустимом количестве обследуемых транспортных средств. Истоки его возникновения уходят в попытки ответить на два вопроса: до какой степени можно рационально снижать трудоемкость обследований пассажирских потоков и почему на одних маршрутах нужно обследовать все или почти все транспортные средства, а на других изначально понятна достаточность небольшого количества транспорта для получения приемлемых значений.

Сопоставляя по результатам неоднократных обследований данные о фактическом количестве транспортных средств на маршрутах и транспортных средств, отбираемых для обследования пассажирских потоков, выяснили, что выборочную совокупность возможно описать простой степенной функцией вида:

$$n = [N^\lambda], \quad (1)$$

где n – число транспортных средств на маршруте, подлежащих обследованию, ед.;

N – количество транспортных средств на маршруте в пиковый период суток, ед.;

λ – константа, определяемая эмпирическим путем; квадратные скобки – процедура округления значения до ближайшего целого (в большую сторону).

Константа λ есть некая эмпирическая величина, физическое содержание которой связано с ранее описанными колебаниями пассажирских потоков, т. е. характером спроса пассажиров на поездки по маршруту (чем ниже значение, тем выше сходство пассажирообмена и загрузки транспортных средств за рейс). Исходя из практического опыта, приемлемая выборочная совокупность достигается при значениях λ в пределах $0,75 \pm 0,1$ (чаще используется нижнее значение ($\lambda = 0,65$), что обусловлено ресурсными ограничениями на проведение обследований).

характеристик поведения пассажиров. Такая ситуация соответствует устоявшимся маршрутам с небольшим интервалом движения транспорта.

К числу недостатков рассматриваемого способа относятся следующие:

- целесообразность применения способа основана на экспертной оценке;
- значение константы λ определяется экспертным путем (как правило, в меньшую сторону, без учета особенностей поведения пассажиров на маршруте, вследствие ограниченности такой информации на этапе планирования);
- отсутствие взаимосвязи с протяженностью маршрута, расстояниями поездок пассажиров, интервалами движения транспорта.

Способ 2

При втором способе в качестве базовой величины для определения минимально необходимого количества транспортных средств, подлежащих обследованию, принимается приемлемый интервал времени, в течение которого число перевезенных транспортными средствами пассажиров на маршруте не может измениться значительно. Такой подход в большей степени учитывает проблему внутрисуточной неравномерности пассажиропотока.

Минимально необходимое число маршрутных транспортных средств, задействованных в обследовании пассажирских потоков, может быть определено на основе известного отношения:

$$n = \left[\frac{T_{об}}{\tau} \right], \quad (2)$$

где n – число транспортных средств на маршруте, подлежащих обследованию, ед.;

$T_{об}$ – время оборотного рейса на маршруте, мин;

τ – интервал времени устойчивого пассажирского потока, мин;

квадратные скобки – процедура округления значения до ближайшего целого (в большую сторону).

Сложность применения рассматриваемого способа заключалась в установлении приемлемого интервала τ , при котором возможно обеспечить качество результатов обследования и снизить затраты ресурсов (чем выше значение τ , тем проще и дешевле организация обследования). Укрупненный анализ данных почти 50 маршрутов показал нецелесообразность использования интервалов более 30 мин вследствие высокой внутрисуточной



неравномерности объемов перевезенных пассажиров. Последующий анализ пяти выбранных групп интервалов (10, 12, 15, 20 и 30 мин) показал, что в течение 30-минутного интервала не обеспечивается равномерность объемов перевозок между транспортными средствами. Сопоставление данных по оставшимся интервалам показало устойчивость объемов перевозок по 10 и 12-минутным интервалам. При интервалах 15 и 20 мин отклонения от пропорциональных значений, полученных при интервале 10 мин, в 2/3 случаев оказались не более 10%, в остальных случаях достигали 5–24%. Следовательно, интервалы 10 и 12 мин следует рассматривать в качестве основных. Интервалы 15 и 20 мин рекомендуется применять для маршрутов с заранее известными внутрисетевыми характеристиками пассажиропотока. Полученные результаты не противостоят результатам работ других авторов [2, 3].

Пример 2. На маршруте, характеризующемся временем оборотного рейса 2 ч и $\tau = 10$ мин, для обследований потребуется не менее 12 ТС, в случае $\tau = 12$ мин не менее 10 ТС, а при $\tau = 20$ мин не менее 6 ТС.

К недостаткам способа относятся:

- установление значения интервала τ по принципу «от общего к частному» без учета особенностей менее значимых и неравномерных по спросу маршрутов;
- непринятие во внимание числа ТС, работающих на маршруте, что при высоких значениях τ может привести к занижению объема выборки.

Способ 3

Третий способ по своей сути является интерпретацией первого и второго способов. В его основе использована зависимость количества обследуемых транспортных средств от интервала движения на маршруте, который, в свою очередь, тесно связан с величиной спроса пассажиров на передвижения.

Необходимое число маршрутных транспортных средств, задействованных в обследовании пассажирских потоков, определяется отношением:

$$n = [N \lambda^{\lambda} J^{0,05}], \quad (3)$$

где n – число транспортных средств на маршруте, подлежащих обследованию, ед.;

N – количество транспортных средств на маршруте в цикловый период суток, ед.;

λ – константа, определяемая эмпирическим путем (при данном способе чаще используются значения от 0,75 до 0,85);

J – интервал движения транспорта на маршруте, ч; квадратные скобки – процедура округления значения до ближайшего целого (в большую сторону).

Этот способ получен по результатам теоретических исследований и отличается большей эластичностью. К числу его недостатков следует отнести более высокую сложность и большее количество констант в сравнении с предыдущими способами.

Пример 3. Для маршрута с числом транспортных средств 12 и интервалом движения 10 мин при $\lambda = 0,75$ обследованию подлежат не менее 6 ТС, а в случае $\lambda = 0,85$ не менее 7.

Примечание. Оказалось интересным, что при интервалах движения транспортных средств на маршруте более 3 мин значения выборочной совокупности соответствуют значениям, полученным по формуле (1) при условии $n/N^{0,1}$. Например, значению $n = [N^{0,75} J^{0,05}]$ по третьему способу будут соответствовать значения $n = [N^{0,65}]$ по первому способу. Учитывая также, что интервал движения на маршруте не бывает меньше 1,3–1,5 мин, отклонения значений при расчетах по первому и третьему способам при интервалах менее 3 мин будут отличаться всего на 3–12%.

Поскольку в одних условиях лучше «работает» первый способ, в других – второй или третий, на практике приемлемое число планируемых для обследований транспортных средств приходится определять на основе всех трех способов. Второй способ используется в качестве критерия предельно допустимого минимума, ниже которого снижать выборку недопустимо. Результаты сравниваются между собой с учетом исходных данных (числом транспортных средств на маршруте, интервалом движения, временем оборотного рейса; при наличии информации – характеристиками поведения пассажиров на маршруте), и на их основе выбирается окончательное значение.

Учитывая внутрисетевую неравномерность пассажиропотоков, при использовании любого из способов последовательность графиков выхода транспортных средств на маршруте, задействованных в обследованиях, должна быть равномерной: одно через одно; одно через два; два через два и т. п. Немаловажно учитывать и психологию поведения водителей, фиксировать и пресекать попытки некоторых из них повлиять на результаты обследований за счет неоправданных отклонений от графика движения (с целью разгрузки или дополнительной загрузки транспортного средства).

Рассмотренные способы являются усредненными и потому удовлетворительными, но обеспечивающими приемлемый уровень точности результатов в пределах 10%, независимо от класса транспортных средств. Они не единственные из применяемых на практике, но другие известные способы не отличаются большей точностью и достоверностью. Что касается универсальной методики, то ее разработка требует дополнительных качественных обследований пассажирских потоков на всех транспортных средствах различных по характеру маршрутов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таумин Р. Е. Недостатки выборочного метода обследования пассажиропотоков / Р. Е. Таумин, Г. А. Варелопуло // *Городское хозяйство Москвы*. – 1968. – № 12.
2. Свердлов Л. И. Неравномерность пассажиропотоков и интервалы движения пассажирского транспорта / Л. И. Свердлов // *Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов: материалы докладов 3-й Международ. (6-й Екатеринбургской) науч.-практ. конф.* – Екатеринбург: Комвакс, 1996. – С. 43–44.
3. Лознер Л. Г. Выборочное обследование пассажиропотока в системе управления движением / Л. Г. Лознер // *Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: материалы V Междунар. (8-й Екатеринбургской) науч.-практ. конф.* – Екатеринбург: Комвакс, 1999. – С. 38–40.

