

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ЕДИНОГО РАСПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПАССАЖИРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО И ГОРОДСКИХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА

Вакуленко С.П., к.т.н., профессор, заведующий кафедры «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы», ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», e-mail: post-iuit@bk.ru

Головнич А.К., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Общетехнические и специальные дисциплины», главный научный сотрудник испытательного центра железнодорожного транспорта Учреждения образования, «Белорусский государственный университет транспорта», e-mail: golovnich_alex@mail.ru

Евреенова Н.Ю., к.т.н., доцент, доцент кафедры «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы», ИУЦТ РУТ (МИИТ), e-mail: nevreenova@mail.ru

Прокофьев М.Н., к.т.н., доцент кафедры «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы», ИУЦТ РУТ (МИИТ), e-mail: mn.prok@yandex.ru

Пересадка пассажиров с одного вида транспорта на другой является достаточно сложной операцией в техническом, технологическом и психологическом плане. Время, затраченное пассажиром на пересадку с железнодорожного на городские виды транспорта, составляет примерно четверть общего времени перемещения, поэтому актуальна задача разработки единого расписания. В данной статье выделены и изучены факторы, влияющие на качество исполнения единого расписания для пассажиров железнодорожного и городских видов транспорта.

Ключевые слова: взаимодействие видов транспорта, наземный городской пассажирский транспорт, транспортно-пересадочный узел, железнодорожный транспорт, общественный транспорт.

FEATURES OF THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A UNIFIED TIMETABLE FOR THE MOVEMENT OF ROLLING STOCK FOR PASSENGERS OF RAILWAY AND URBAN MODES OF TRANSPORT

Vakulenko S., Ph.D., professor, head of the Transport business management and intelligent systems chair, FSAEI HE «Russian University of Transport», e-mail: post-iuit@bk.ru

Golovnich A., doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of General Technical and Special Disciplines, Chief Researcher of the test centre railway transportation Byelorussian state university of transport, e-mail: golovnich_alex@mail.ru

Evreenova N., Ph.D., assistant professor, Institute of Management and Digital Technologies, FSAEI HE «Russian University of Transport», e-mail: nevreenova@mail.ru

Prokofiev M.N., Ph.D., assistant professor, Institute of Management and Digital Technologies, FSAEI HE «Russian University of Transport», e-mail: mn.prok@yandex.ru

Transferring passengers from one type of transport to another is a rather complicated operation in technical, technological and psychological terms. The time spent by a passenger to transfer from railway to urban modes of transport is about a quarter of the total travel time, so the task of developing a unified schedule is urgent. In this article, the factors influencing the quality of execution of a single schedule for passengers of railway and urban modes of transport are highlighted and studied.

Keywords: interaction of modes of transport, urban land passenger transport, transport interchange, railway transport, public transport.

Совместное участие в обслуживании пригородного пассажиропотока взаимодействующих видов транспорта накладывает определенные обязательства видов транспорта друг перед другом в отношении точного выполнения всех установленных требований с целью получения значительного эффекта благодаря такому взаимодействию. Городской наземный пассажирский транспорт (НГПТ) оказывается наиболее узким звеном данного взаимодействия. Железнодорожная станция может сконцентрировать все техническое оснащение для обслуживания пригородных пассажиров в одном месте на вокзале, обеспечивая тем самым постоянство места выполнения всех операций с определенной их продолжительностью в некоторых интервалах времени. Пассажиропоток, исходящий от железной дороги, «растекается» по привокзальной площади, на прилегающие остановочные пункты и за их пределы. Маршрут движения такого потока представляет собой всеерную конфигурацию отдельных, связанных между собой, каналов, имеющих общую исходную точку зарождения на пассажирской станции. Топология таких всеерных конфигураций укладывается в достаточно небольшое количество различающихся между собой вариаций, которые зависят от мощности исходного пригородного пассажиропотока и геометрии взаимного положения пунктов притяжения потока городским транспортом.

На рисунке 1 приведена топология конфигураций потоков, исходящих с пассажирских станций на остановочные пункты городских видов транспорта.

Геометрия погашаемых потоков, рассеивающихся по отдельным остановочным пунктам, нарушается случаем γ (рисунок 1), в котором наблюдается дополнительная подпитка отдельных струй

из других источников (пешеходов, пассажиров, пересекающих с близлежащих остановок городского транспорта). При этом пассажиропотока, входящего с пассажирской станции, и суммы потоков, погашаемых на остановочных пунктах городских видов транспорта, оказывается весьма существенным (до 150 – 200 %) от входящего потока.

Существуют некоторые другие конфигурации распределения пассажиропотока по остановочным пунктам городских видов транспорта с самопересечениями, когда ветвящийся маршрут с пассажирской станции пересекается (сливается) с аналогичным другим маршрутом. Такие неправильные конфигурации иногда бывают оправданы геометрией взаимного расположения улиц и остановочных пунктов, но они очень сложны с точки зрения анализа мощности исходящих из городского транспорта потоков в адрес пассажирской станции.

Ключевым элементом выявленных типов конфигурации пассажиропотоков являются области деления (ветвления) структур, которые подразделяются на опорные (разделяющиеся на остановочных пунктах городских видов транспорта) и свободные (разделяющиеся на улицах, подходах к перекресткам, мостах, тоннелях). Опорные области деления определяют качество единого расписания, так как обеспечивают оперативный и надежный мониторинг величины и структуры входящего и исходящих потоков из указанной области.

В свободных областях отсутствуют надежные методы статистической и иной оценки величин ветвящихся потоков. Тем более, что эти потоки сами по себе подвержены влиянию большого количества факторов с широким диапазоном дисперсии их значений. При-

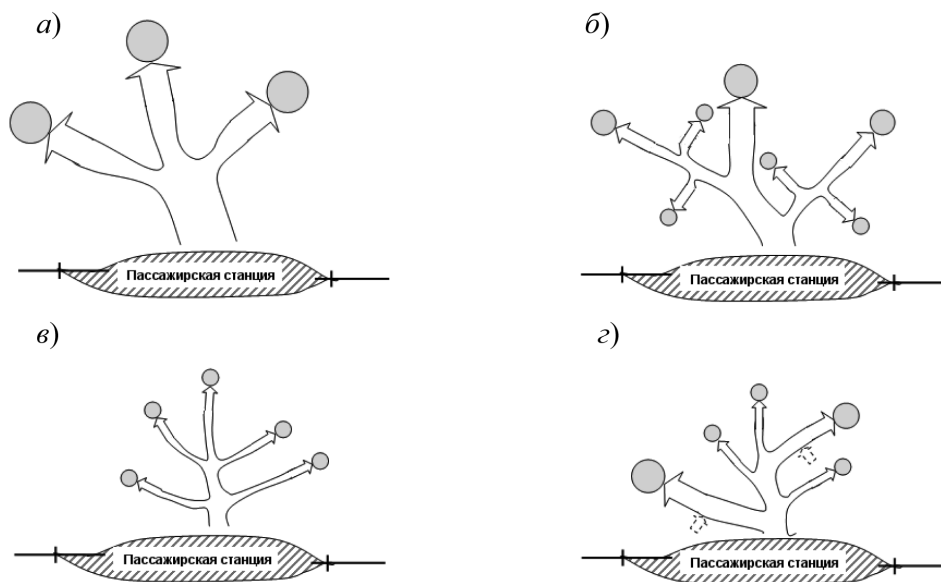


Рис. 1. Конфигурация каналов движения пригородных пассажиропотоков различной мощности с пассажирской станции на остановочные пункты городских видов транспорта: а – с крупными струями погашаемых потоков; б – с преобладающим потоком; в – с рассеивающимся потоком; г – с питанием чужеродными потоками

городные пассажиропотоки, исходящие из пассажирской станции с маршрутами движения к остановочным пунктам погашения и концентрацией по опорным областям их деления с не менее чем 85 % от общего потока зарождения, называются устойчивыми с высоким потенциалом эффективности единого расписания.

Существенными факторами, влияющими на качество исполнения единого расписания, является количество остановочных пунктов погашения пригородного пассажиропотока и их расстояние от пассажирской станции. С увеличением значений указанных параметров качество исполнения единого расписания уменьшается. Однако при высокой мощности пригородного пассажиропотока и с одним остановочным пунктом, расположенным рядом с пассажирской станцией, возникают существенные трудности по его обслуживанию. Подобные проблемы достаточно эффективно решает метрополитен, являющийся одним из видов городского транспорта транспортно-пересадочного узла, прилегающего к пассажирской станции. Для пассажирских и других станций крупных и крупнейших городов рекомендуется разрабатывать единые расписания обслуживания пригородных потоков городскими видами транспорта при не более чем 3 остановочных пунктах на привокзальной площади, не далее 100 – 200 м до пунктов погашения с охватом не менее 85 % от общего пассажиропотока.

Для типизированных конфигураций маршрутов движения пригородных пассажиров (см. рис. 1) выделяют основной канал (остов), по которому движется максимальное число пассажиров. *Выраженный остов* имеет место для случаев б) и г). Если колебания потоков по отдельным каналам различаются между собой менее чем на 10 %, то остовы называются невыраженными. Для единого расписания оказываются эффективными выраженные остовы с

ветвящимися потоками и соотношением 85 % и 25 % в диапазоне отклонения ± 10 %.

Следует отметить, что данные рекомендации имеют отношение к проектированию новых станций и выбору маршрутов движения пригородных пассажиропотоков в строящихся районах городов и привокзальных площадей. Кроме того, в направлении удовлетворения указанных требований можно определяться и при переустройстве транспортных городских объектов. Если возникает задача разработки единого расписания для пассажиропотоков, обслуживаемых несколькими видами транспорта в условиях сложившейся инфраструктуры, следует оценить возможность его введения с позиций качества его исполнения. Общий реестр данных рекомендаций с экспертной оценкой его важности для ввода единого расписания приведен в таблице 1.

Значимость перечисленных факторов устанавливается соответствующими условными величинами в 100 баллов при условии, что все они удовлетворяют позициям графы 3 таблицы 1. Если хотя бы один из факторов по предельным условиям, указанным в графе 4, выходит за их границы, то введение единого расписания считается нецелесообразным. Значимость отдельных факторов при входе в диапазон предельных значений может измениться (уменьшиться). Процесс пересчета значимости факторов в границах колебаний их значений называется дефиксацией весовых параметров. Если система не полностью удовлетворяет указанным шести позициям нормы (т. е. графы 3 таблицы 1), то нарушения диагностируются по целому ряду факторов (как правило, не менее 2 – 3). Выход в границы предельных условий (графы 4) изменяет важность самих факторов с точки зрения эффективности единого расписания по

Таблица 1. Перечень рекомендаций, повышающих эффективность применения единого расписания

Фактор эффективности	Исходная важность фактора	Условие эффективности	Предельные ограничения условия
1. Отсутствие маршрутов с самопересечениями	100	-	1 маршрут (не более 10 %)
2. Наличие потоков с опорными областями деления	100	85 – 90 % от общего потока	70 %
3. Не более 3 обслуживаемых остановочных пунктов	100	-	4 – 5 остановочных пунктов
4. Предельное расстояние от пассажирской станции до наиболее удаленного остановочного пункта	100	10 – 200 м	Min (80 – 90) м Max (300 – 400) м
5. Выраженные остовы типизированных конфигураций потоков	100	65 – 75 % от общего потока по каналу ветвления	60 %
6. Расстояние между точками ветвления выраженного остова	100	25 – 50 м	Min (15 – 20) м Max (55 – 65) м

причине их коррелированности. Например, если исходящий из пассажирской станции поток обслуживает 5 остановочных пунктов, то поток в опорных областях деления уменьшается до 70 % (при четырех остановочных пунктах этот параметр повышается до 80 %). С изменением количества остановочных пунктов коррелирует расстояние между точками ветвления (становится равным 60 м). При этом в граничных интервалах последний фактор таблицы 1 оказывается более значимым чем предыдущий (экспертно это соотношение оценивается как 90 и 80 баллов).

Дефиксация весовых коэффициентов является отдельной сложной научной проблемой. В настоящей работе проведено лишь частное исследование в отношении установления изменившихся соотношений значимости указанных шести факторов. Сложность оценки изменения значимости факторов усугубляется тем обстоятельством, что предельные ограничения могут иметь ряд значений некоторого диапазона дискретных и непрерывных параметров. Например, фактор 3 таблицы 1 имеет 2 точных позиции (4 или 5 остановочных пунктов), фактор 2 может различаться по величине в диапазоне предельных значений от 85 % до 70 %. В зависимости от точности определения величины изменения потока количество позиций в данном диапазоне изменяется. Поэтому такой фактор называется слабодискретным. Фактор 4 называется непрерывным. Если все факторы, заявленные в таблице 1 как относительно полная группа значимых, работают в соответствии с указанными условиями эффективности, то их суммарная эффективность будет равна 600 условных баллов. При выходе из нормальных режимов должна измениться их важность в сторону уменьшения. В статье исследованы зависимости только шести факторов. В действительности наблюдается более сложное взаимодействие, в результате которого важность факторов может измениться.

Литература:

1. Взаимодействие видов транспорта: учебное пособие / С.П. Вакуленко, А.В. Колин, М.Н. Прокофьев, Н.Ю. Евреенова // М.: МИИТ, 2022. – 362 с.

2. Евреенова Н.Ю. Управление пассажиропотоком крупнейших ТПУ / Н.Ю. Евреенова, К.А. Калинин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2021. № 3. С. 105-113.

3. Резер С.М. Взаимодействие транспортных систем. М.: Наука, 1985. – 248 с.

4. Пазойский, Ю.О. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте (примеры, задачи, модели, методы и решения) [Текст] / Ю.О. Пазойский, В.Г. Шубко, С.П. Вакуленко. – М.: УМЦ ЖДТ, 2009. – 342 с.

5. Эксплуатационные аспекты моделирования транспортных систем: учебное пособие / С.П. Вакуленко, Н.Ю. Евреенова, Д.Ю. Роменский, К.А. Калинин // М.: МИИТ, 2021. – 129 с.

6. Лазарев А.А., Мусатова Е.Г., Гафаров Е.Р., Кварацхелия А.Г. Теория расписаний. Задачи железнодорожного планирования / Научное издание. – М.: ИПУ РАН, 2012. – 92 с.

7. Власов Д.Н. Интеграция железнодорожного транспорта в интермодальную транспортную систему города. Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 9. С. 31-38.

8. Тимухина Е.Н. Проблематика функционирования транспортных узлов в России и за рубежом / Е.Н. Тимухина, Н.В. Кашеева, Н.Е. Окулов, В.В. Лесных // Вестник транспорта Поволжья. 2022. № 3. С. 65-72.

9. Математическое моделирование транспортных систем и процессов: учебное пособие / Рахмангулов А.Н., Цыганов А.В., Пикалов В.А., Муравьев Д.С. // Магнитогорск, 2021. (2-е издание, переработанное и дополненное). – 190 с.

10. Методологические основы технологии организации пригородно-городских пассажирских перевозок железнодорожным транспортом в крупных транспортных узлах (на примере Центрального транспортного узла: опыт и перспективы) / С. П. Вакуленко, Д. Ю. Роменский, К. А. Калинин [и др.]. – Москва : РУТ (МИИТ), 2023. – 428 с. – EDN FFIEBQ.