

## 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.**, 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 веерную конфигурацию отдельных, связанных между собой, каналов, имеющих общую исходную точку зарождения на пассажирской станции. Топология таких веерных 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 г (рисунок 1), в котором наблюдается дополнительная подпитка отдельных струй

из других источников (пешеходов, пассажиров, пересаживающихся с близлежащими остановками 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-

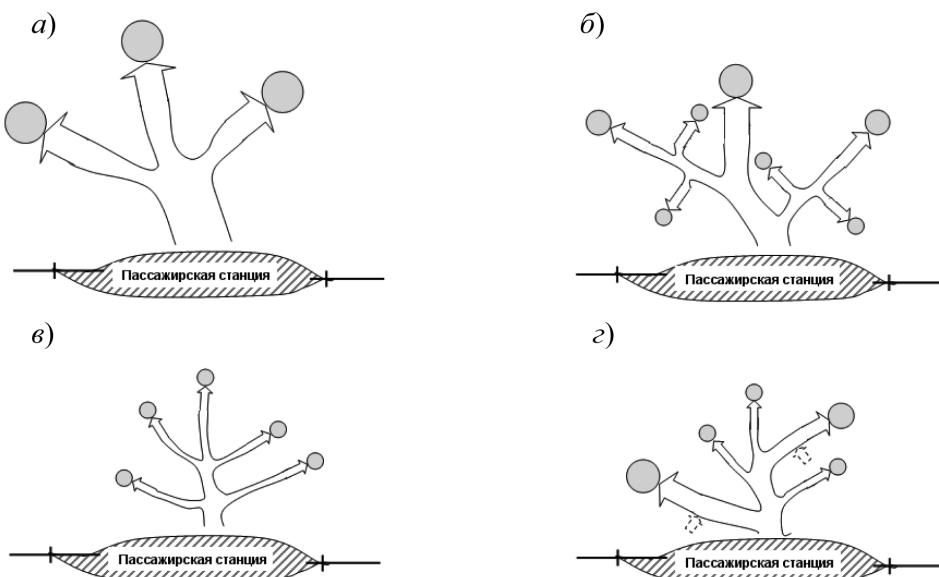


Рис. 1. Конфигурация каналов движения пригородных пассажиропотоков различной мощности с пассажирской станции на остановочные пункты городских видов транспорта: а – с крупными струями погашаемых потоков; б – с преобладающим потоком; в – с рассеивающимся потоком; г – с питанием чужеродными потоками

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  $\pm 10\%$ .

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 шестью 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 интегральную 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. Кащеева, 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.