

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Научная статья

УДК 656.072:656.222.5

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-1-71-79

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ РАСПИСАНИЙ
ПАССАЖИРСКИХ И ПРИГОРОДНЫХ ПОЕЗДОВ: ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

М. И. Мехедов, Е. А. Сотников, Е. А. Мехедова ✉

Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ),
Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Применяемая в настоящее время на железнодорожном транспорте России система учета выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов в недостаточной степени учитывает условия удовлетворенности пассажиров качеством предоставляемых услуг. Предлагается рассмотреть целесообразность дополнения существующего метода оценки выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов, основанной на учете своевременности прибытия (отправления, проследования) каждого поезда, с принятием во внимание оценки удовлетворенности пассажиров фактически достигаемым уровнем выполнения расписаний.

Материалы и методы. Для решения поставленного вопроса предлагается понятие «уровень неудовлетворенности пассажиров качеством предоставляемых услуг в части выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов» (или «уровень неудовлетворенности пассажиров качеством выполнения расписаний»). Пассажирские и пригородные поезда при отклонении от расписаний должны иметь оценку согласно используемому понятию в виде весового коэффициента значимости. При определении его численного значения необходимо учитывать количество пассажиров (населенность) поезда, продолжительность опоздания, а также факторы, отражающие цели поездок пассажиров и технологические условия следования поездов.

Результаты. Установлен функционал определения численного значения для опаздывающих пассажирских и пригородных поездов. В расчете определяется исходное значение, учитывающее населенность поезда и время его опоздания, устанавливается соответствующий коэффициент увеличения уровня неудовлетворенности пассажиров. Определены требования к выполнению исследований, связанных с решением вопросов оценки психологической чувствительности пассажиров к опозданиям поездов. Разработанная постановка задачи развития системы оценки качества выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов может быть положена в основу проведения необходимых исследований по этому вопросу.

Обсуждение и заключение. Решение заявленной проблемы важно как для более полного соблюдения интересов пассажиров при поездках в пассажирских (пригородных) поездах, так и для поддержания и повышения имиджа железнодорожного транспорта и, соответственно, его конкурентоспособности на рынке транспортных услуг, а также для минимизации потерь в грузовом движении при обеспечении ввода пассажирских и пригородных поездов в график.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пассажирские перевозки, опоздания пассажирских поездов, цели поездок, удовлетворенность пассажиров перевозкой, факторы, весовые коэффициенты значимости

Благодарности: авторы выражают благодарность рецензентам за полезные замечания и советы, способствовавшие улучшению статьи.

Для цитирования: Мехедов М. И., Сотников Е. А., Мехедова Е. А. Развитие системы оценки качества выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов: постановка вопроса // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2022. Т. 81, № 1. С. 71–79. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-1-71-79>.



AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN RAILWAY TRANSPORT

Original article

UDK 656.072:656.222.5

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-1-71-79



DEVELOPMENT OF THE QUALITY ASSESSMENT SYSTEM OF PASSENGER AND SUBURBAN TRAIN TRAFFIC: RAISING AN ISSUE

Mikhail I. Mekhedov, Evgeniy A. Sotnikov, Evgeniya A. Mekhedova ✉

Railway Research Institute (VNIIZhT),
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The currently applied system of passenger and suburban train traffic in the Russian railway transport does not completely consider the passenger satisfaction of the provided service quality. The authors suggest determining whether supplements of the existing quality assessment method of passenger and suburban traffic are reasonable in terms of the arrival, departure, running schedule and considering the passenger satisfaction of the existing train traffic.

Materials and methods. The researches proposed the concept of “passenger dissatisfaction of the provided service quality in terms of passenger and suburban train traffic” (or “rate of passenger dissatisfaction of the train schedule implementation”). The passenger and suburban trains with the schedule deflection should be rated by the weighting coefficient of significance. It is necessary to consider not only train capacity and delay duration, but also the purposes of the trip and technological factors of the train running.

Results. The authors determine the numerical value functional of the delayed passenger and suburban trains. Moreover, the authors identify both the initial value of the train capacity and the train delay and the corresponding coefficient of the passenger dissatisfaction growth. The article presents requirements to the studies concerning the rate of passenger psychological sensitivity to the train delays. The developed model allows conducting the necessary research for the quality assessment system of passenger and suburban train traffic.

Discussion and conclusion. The solution of the presented problem is important both for the protection of passenger interests and for maintenance and improving of the railway transport image. In addition, the detailed solution will minimize losses in goods traffic while passenger and suburban train commitment to timetable.

KEYWORDS: passenger transportation, passenger train delays, purpose of the trip, passenger transportation satisfaction, factors, weighting coefficient of significance

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the reviewers for their constructive comments, improving the quality of the article.

For citation: Mekhedov M. I., Sotnikov E. A., Mekhedova E. A. Development of the quality assessment system of passenger and suburban train traffic: raising an issue. *Russian Railway Science Journal*. 2022;81(1):71–79. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-1-71-79>.

Введение. Существующая система оценки выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов основана на учете своевременности прибытия, отправления, проследования каждого поезда и выполнения при этом сетевых нормативов, например показателя уровня выполнения расписаний по отправлению и проследованию пассажирских и пригородных поездов [1]. На сети железных дорог России уровень выполнения расписаний не достигает 100 % и в среднем за 2014–2019 гг. составил в пассажирском движении: по отправлению — 99,3 %, по проследованию — 98,2 %; в пригородном движении: по отправлению — 99,4 %, по проследованию — 98,3 % [2]. Разработаны методики расчета минимально допустимых уровней выполнения расписаний. В то же время имидж ОАО «РЖД» как компании, осуществляющей пассажирские перевозки, зависит не столько от уровня выполнения расписаний, сколько от того, как отклонение от расписания воспринимается самими пассажирами.

Цель работы — рассмотреть пути развития системы оценки качества выполнения расписаний, которая должна быть основана на использовании условия удовлетворенности пассажиров качеством предоставляемых услуг [3], и предложить формулировку научной задачи, чтобы определить круг необходимых для ее решения исследований.

Понятие «уровень удовлетворенности пассажиров качеством предоставляемых услуг» используется при определении численного значения сводного индекса удовлетворенности пассажиров суммарно по показателям: время в пути, безопасность перевозок, комфорт, доступность, надежность, стоимость проезда и др. [4, 5, 6].

Для количественной оценки показателя «уровень выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов», определяемого не только по своевременности их прибытия, более целесообразно использовать понятие «уровень неудовлетворенности пассажиров качеством предоставляемых услуг». В этом случае при нулевом опоздании и уровень неудовлетворенности пассажиров равен нулю. С увеличением времени опоздания уровень неудовлетворенности пассажиров будет расти. Поэтому в представленном ниже анализе используется понятие «уровень неудовлетворенности пассажиров качеством выполнения расписаний».

Для обеспечения соблюдения расписаний поездов сегодня широко используются имитационное моделирование [7], программные комплексы [8], цифровые технологии, нормирование ресурсов (в том числе трудовых) [9]. Тем не менее данная задача в полной мере еще не решена. Отклонения от расписаний имеют место по различным причинам [10]: отказы в ра-

боте технических средств и нарушения безопасности движения, погодные условия, влияние задержек грузовых поездов при их обращении по одним и тем же линиям с пассажирскими поездами и др. Вследствие этого расписания пассажирских и пригородных поездов на региональном и сетевом уровнях выполняются, как правило, менее чем на 100 %.

В настоящее время каждый опоздавший поезд при оценке выполнения расписаний принимается за единицу в общем числе отправленных, проследовавших или прибывших поездов, что с позиции удовлетворенности пассажиров качеством предоставляемых услуг железнодорожным транспортом нельзя признать правильным.

Действительно, чем больше пассажиров проследовало в опоздавшем (отправленном, проследовавшем или прибывшем) поезде, тем выше общая неудовлетворенность пассажиров. В этом смысле опоздания двух поездов, в которых было перевезено, например, в первом 500, а во втором 150 пассажиров, нельзя признать равноценными при оценке качества предоставляемых услуг. Очевидно, что количество пассажиров в первом поезде, неудовлетворенных работой железнодорожного транспорта, может быть существенно большим, чем количество таких пассажиров во втором поезде.

Одинаковые оценки двух рассмотренных в примере поездов являются ошибочными и для самой пассажирской железнодорожной компании. Чем выше неудовлетворенность пассажиров и число претензий к работе такой компании, тем ниже имидж железнодорожного транспорта [11] и, соответственно, его способность успешной работы в конкурентной среде пассажирских перевозок. При систематических опозданиях это может проявляться, например, в виде оттока пассажиров от поездов железнодорожным транспортом. Для пассажирской компании при наличии альтернативы выбора меньший урон ее имиджу и конкурентоспособности может принести опоздание второго поезда, в котором следует только 150 пассажиров.

Условия неудовлетворенности пассажиров связаны не только с их количеством в различных поездах. Например, если в одном из поездов (поезд А) большинство пассажиров следует к определенному времени на работу, как это имеет место в утренних пригородных поездах, а в другом (поезд Б) — с другими целями, которые не требуют высокой точности времени прибытия поезда на станцию назначения, то при одинаковом количестве пассажиров в поездах опоздание поезда А окажет большее влияние на неудовлетворенность пассажиров качеством предоставленных услуг. Соответствующее воздействие будет оказано и на изменение имиджа и конкурентоспособности железнодорожного транспорта.

Дифференциация значимости выполнения расписаний различных пассажирских и пригородных поездов также имеет значение для обеспечения выполнения нормативной технологии работы с составами поездов на станциях их оборота [12]. Нарушения выполнения расписаний влекут за собой и нарушения технологии работы станций, вокзалов, локомотивных, вагонных и моторвагонных депо, что приводит к дополнительным затратам, связанным с пассажирскими перевозками. В худших случаях это вызывает опоздания отправляющихся по обороту поездов и даже привлечение дополнительного подвижного состава с соответствующими затратами. Во многом такие последствия связаны с величиной резерва времени в периоде от прибытия до отправления поездов по обороту. Чем больше такой период и меньше время опоздания поездов, тем меньше потери пассажирских компаний.

Необходимо также учитывать условия работы участков и станций при поступлении на них опаздывающих поездов. На загруженных линиях пропуск опаздывающего поезда может вызвать существенный сбой в общем проследовании по участку не только грузовых, но также пассажирских и пригородных поездов. То же относится и к работе загруженных пассажирских станций.

Порядок расчета весового коэффициента значимости $K_{\text{зн}}$. Целесообразно, чтобы пассажирские и пригородные поезда имели некоторую оценку по значимости с точки зрения возможной неудовлетворенности пассажиров качеством предоставляемых услуг, а также нормативной технологии пассажирских перевозок. Обозначим численное значение такой оценки весовым коэффициентом значимости выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов $K_{\text{зн}}$ (далее — весовой коэффициент значимости) [3]. Чем выше у i -го опаздывающего поезда этот коэффициент ($K_{\text{зн}i}$), тем больший ущерб наносится имиджу пассажирской компании и, соответственно, тем более высокие требования должны предъявляться к персоналу железных дорог по обеспечению выполнения расписания такого поезда.

Практическое использование весовых коэффициентов значимости пассажирских и пригородных поездов заключается в следующем:

- при возникновении затрудненных ситуаций [13] в эксплуатационной работе и наличии нескольких вариантов пропуска как не опаздывающих, так и опаздывающих пассажирских и пригородных поездов следует выбирать тот из них, при котором в конечном итоге суммарная оценка весовых коэффициентов значимости $K_{\text{зн}}$ стремится к минимуму (1):

$$\sum_{i=1}^n K_{\text{зн}i}^{\text{кон}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где n — количество пассажирских и пригородных поездов, рассматриваемых в вариантах выхода из за-

трудненной ситуации в эксплуатационной работе; $K_{\text{зн}i}^{\text{кон}}$ — конечные весовые коэффициенты пассажирских и пригородных поездов после преодоления затрудненной ситуации.

То же относится к выполнению нагонов расписаний опаздывающими пассажирскими и пригородными поездами с учетом их пропуска по всем участкам и станциям следования;

- при пассажирских и грузовых перевозках, осуществляемых по одним и тем же линиям, перед дежурным персоналом (поездные диспетчеры, дежурные по станции) нередко возникает задача оценки риска возникновения нарушения расписаний пассажирских и пригородных поездов при том или ином варианте следования грузовых поездов по участкам и выполнении маневровой работы на станциях. Такие ситуации возникают, например, при выборе поездным диспетчером времени отправления поезда со станции или определения отдельного пункта обгона грузового поезда пассажирским [14]. На станциях это связано с определением времени окончания маневровой работы на маневровых маршрутах, в которых используются изолированные секции поездных маршрутов прибывающих (отправляющихся) поездов. При оценке таких рисков дежурный персонал должен учитывать влияние возможности опозданий пассажирских (пригородных) поездов при ошибочном решении на увеличение значений весовых коэффициентов значимости различных поездов;

- необходимо рассмотреть вопрос о нормировании уровня выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов ($\gamma_{\text{пасс}}$, $\gamma_{\text{приг}}$) и учета их выполнения не только по количеству проследовавших по расписанию поездов, но и по количеству таких поездов с учетом их весовых коэффициентов значимости. Такой подход более достоверно отражает качество выполнения расписаний исходя из интересов как пассажиров, так и пассажирских компаний. Для опаздывающих поездов в весовом коэффициенте значимости прежде всего следует учитывать продолжительность опоздания, поскольку чем больше опоздание, тем выше неудовлетворенность пассажиров качеством предоставляемых услуг. Увеличиваются также неблагоприятные последствия для нормативной работы станций и депо в пунктах оборота.

На рисунке представлена общая схема определения и практического использования $K_{\text{зн}i}$.

Методические положения определения численных значений $K_{\text{зн}i}$, а также уровня выполнения расписаний $\gamma_{\text{пасс}}$, $\gamma_{\text{приг}}$. Прежде всего отметим, что опоздание любого поезда вызывает неудовлетворенность пассажиров качеством предоставляемых услуг: чем больше пассажиров следует в поезде, тем выше может быть общий уровень неудовлетворенности выполнением расписания. Соответственно, при расчете значения $K_{\text{зн}i}$ необходимо учитывать населенность поезда $Q_{\text{ни}}$.

Аналогично влияние и продолжительности опозданий $t_{оп}$: чем больше величина $t_{оп}$, тем больше и уровень неудовлетворенности пассажиров поездкой. Величина $t_{оп}$ должна учитываться при определении $K_{зн}$ опаздывающего поезда.

В то же время для поездок, выполняемых с некоторыми конкретными целями, опоздания поездов дополнительно увеличивают уровень неудовлетворенности пассажиров. Определим такие цели поездок как факторы влияния на численные значения $K_{зн}$. Такими факторами (группа целевых факторов x_i) являются:

- следование к месту работы с точным временем начала рабочего дня (например, следование пассажиров в пригородных поездах в утренние часы) — фактор x_1 ;
- следование пассажиров на деловую встречу — фактор x_2 ;
- следование пассажиров по мультимодальному маршруту [15], включающему несколько видов транспорта с согласованными расписаниями пересадок — фактор x_3 : поезд — автотранспорт; поезд — авиатранспорт; поезд — речной (морской) транспорт (часто туристические поездки);
- следование пассажиров к месту отдыха с согласованным принимающей стороной временем прибытия — фактор x_4 ;
- следование пассажиров в поездах, прибывающих поздно вечером на станцию назначения; в этом случае одной из составляющих общей цели поездки пассажира является прибытие не позднее времени окончания работы местного транспорта (например, метрополитена) — фактор x_5 ;
- следование пассажиров в многократно (систематически) опаздывающих поездах; в этом случае цель поездки срывается неоднократно и с каждой такой поездкой нарастает неудовлетворенность работой железнодорожного транспорта — фактор x_6 .

При опоздании поездов имеется также ряд дополнительных условий (целевой фактор x_7), повышающих действие каждого из факторов $x_1...x_6$:

- выполнение поездки в некомфортных условиях;
- плохие условия пребывания пассажиров на вокзале в ожидании пересадки (недостаточный комфорт, плохое информирование и т. п.).

Фактор x_7 отнесен к группе целевых факторов, поскольку каждый пассажир стремится к лучшим условиям поездки (с учетом имеющихся возможностей).

Таким образом, всего рассматривается семь целевых факторов, $\varphi = 7$.

При определении значений $K_{зн}$ должны учитываться также факторы влияния продолжительности опозданий поездов на технологию работы железных дорог (группа технологических факторов y_i):

- наличие резерва времени в пункте оборота — фактор y_1 .



Если

$$t_{рез}^{об} < t_{оп}, \quad (2)$$

где $t_{оп}$ — величина опоздания поезда по прибытию в пункт оборота; $t_{рез}^{об}$ — время от прибытия поезда до отправления по обороту с исключением из него времени на выполнение технологических операций с составами, то при соблюдении данного неравенства поезда, следующие с составами по обороту, будут отправлены с опозданием, что отразится на увеличении значений их $K_{зн}$;

- возникновение дополнительных затруднений в работе загруженных участков и станций при поступлении на них опаздывающих пассажирских (и/или пригородных) поездов, что может вызвать дополнительные опоздания и рост значений $K_{зн}$, — фактор y_2 .

Следование точно по расписанию некоторых категорий пассажирских и пригородных поездов

имеет особое значение для сохранения имиджа пассажирской компании и ОАО «РЖД» в целом. Для таких поездов требуется особое отношение к расчету значения $K_{\text{зн}i}$. Это поезды [16]:

- высокоскоростные пассажирские (с допустимой скоростью более 200 км/ч);
- скоростные и скорые, в том числе фирменные;
- скорые пригородные.

Целесообразно при сбое в движении для решения вопроса очередности следования выделять такие поезда как внеочередные — фактор z .

Таким образом, функционал определения численного значения $K_{\text{зн}i}$ для опаздывающих поездов имеет вид

$$K_{\text{зн}i} = f(Q_{\text{ни}}, t_{\text{оп}i}, (x_1 \dots x_7), y_1, y_2, z), \quad (3)$$

где $Q_{\text{ни}}$ — населенность i -го поезда; $t_{\text{оп}i}$ — продолжительность опоздания i -го поезда; x_1 — фактор следования пассажиров к месту работы с точным началом рабочего дня; x_2 — фактор следования пассажиров на деловую встречу; x_3 — фактор следования пассажиров в поездах с согласованным временем пересадки при мультимодальной поездке; x_4 — фактор следования пассажиров к месту отдыха с согласованным принимающей стороной временем прибытия; x_5 — фактор следования пассажиров в поездах, прибывающих на конечную станцию поздно вечером; x_6 — фактор следования пассажиров в неоднократно опаздывающих поездах; x_7 — фактор учета дополнительных условий, повышающих действие факторов $x_1 \dots x_6$; y_1 — фактор наличия резерва времени в пункте оборота составов; y_2 — фактор влияния опаздывающего поезда на пропуск поездов по участкам и станциям; z — фактор особой значимости для имиджа ОАО «РЖД» выполнения расписаний некоторых категорий пассажирских и пригородных поездов.

Размерность величины $K_{\text{зн}i}$ принципиально не имеет значения. Важно только, чтобы численные значения $K_{\text{зн}i}$ разных поездов соответствовали общему уровню неудовлетворенности пассажиров каждого поезда. Это позволит ранжировать поезда по данному показателю, выполнять логические действия и производить вычисления, например, по формуле (1) для решения задач определения очередности следования и выполнения нагона расписаний пассажирскими (пригородными) поездами при возникновении затруднений в эксплуатационной работе.

В функционале (3) на основе использования составляющих $Q_{\text{ни}}$ и $t_{\text{оп}i}$ может быть определена некоторая исходная величина, используемая для дальнейших расчетов, — $K_{\text{зн}i}^{\text{исх}}$:

$$K_{\text{зн}i}^{\text{исх}} = f(Q_{\text{ни}}, t_{\text{оп}i}). \quad (4)$$

При линейной зависимости от продолжительности опоздания $t_{\text{оп}i}$ величина $K_{\text{зн}i}^{\text{исх}}$ может определяться как

$$K_{\text{зн}i}^{\text{исх}} = Q_{\text{ни}} t_{\text{оп}i}. \quad (5)$$

Однако если при выполнении дополнительных исследований функции (4) будет установлена ее нелинейность, для определения значения $K_{\text{зн}i}^{\text{исх}}$ потребуется установить ее вид.

В i -м поезде (всего пассажиров) могут следовать пассажиры с одной или несколькими целями (факторы x_j). Влияние этих факторов следует учитывать при оценке уровня неудовлетворенности пассажиров в случае опоздания поезда.

Переход от значений $K_{\text{зн}i}^{\text{исх}}$ к значениям $K_{\text{зн}i}$ с учетом факторов x_j выполняется на основании следующего функционала:

$$K_{\text{зн}i} = f(K_{\text{зн}i}^{\text{исх}}, d_{ij}, e_{it}), \quad (6)$$

где d_{ij} — коэффициент увеличения уровня неудовлетворенности пассажиров, следующих в i -м поезде, за счет воздействия целевых факторов x_j , т. е. $x_1 \dots x_7$ (всего семь факторов); $j = 1, 2, \dots, \varphi$; $\varphi = 7$; e_{it} — коэффициент увеличения уровня неудовлетворенности пассажиров, следующих в i -м поезде, за счет воздействия технологических факторов y_t , т. е. y_1, y_2 (всего 2 фактора).

Фактор z в функционале (6) не используется, поскольку этот фактор относится к категориям внеочередных поездов, при которых в данных расчетах величина $K_{\text{зн}i}$ не учитывается.

Значение $K_{\text{зн}i}^{\text{исх}}$ используется для определения значения $K_{\text{зн}i}$ для всех поездов, кроме поездов, отнесенных к категории особой значимости (фактор z). Остальные составляющие функционала (6) индивидуальные для каждого поезда.

Порядок определения коэффициента d_{ij} . Прежде всего на основе изучения влияния факторов x_j на изменение психологического состояния пассажиров необходимо определить их численные относительные (весовые) значения по отношению друг к другу, т. е. насколько при опоздании поездов возрастает уровень неудовлетворенности пассажиров, следующих с целями согласно факторам $x_1 \dots x_7$.

Предположим, например, что для пассажиров, следующих с целью, отражаемой фактором x_3 (согласованное время пересадки), на основании исследования установлено ухудшение их психологического состояния при опоздании поезда на 30 % (или в 1,3 раза) по сравнению с пассажирами, следующими без цели, отражаемой фактором x_3 . Тогда относительное значение влияния фактора x_3 на увеличение уровня неудовлетворенности пассажиров (обозначим его β_3) равно 1,3, т. е. $\beta_3 = 1,3$. Для x_j -й цели поездки это β_j . Величина β_j учитывается для доли пассажиров в i -м поезде, следующих в примере с целью x_3 . Обозначим такую долю α_{i3} .

$$\alpha_{i3} = \frac{Q_{ni3}}{Q_{ni}},$$

где Q_{ni3} — количество пассажиров, следующих в i -м поезде с целью x_3 .

В общем виде доля пассажиров при поездке в i -м поезде с x_j -й целью определяется по формуле

$$\alpha_{ij} = \frac{Q_{nij}}{Q_{ni}}, \quad (7)$$

где Q_{nij} — количество пассажиров, следующих в i -м поезде с x_j -й целью.

Коэффициент увеличения неудовлетворенности пассажиров, следующих в i -м поезде с x_j -й целью, составит (при общем количестве целевых факторов φ)

$$d_{ij} = \alpha_{ij} \beta_j, \quad (8)$$

где β_j — относительное значение влияния фактора j на увеличение уровня неудовлетворенности пассажиров.

В одном пассажирском (пригородном) поезде могут следовать пассажиры с различными целями x_j . Например, для части пассажиров из общего их числа Q_{ni} станция прибытия может быть станцией пересадки на другой вид транспорта, еще для одной части — конечным пунктом прибытия к месту отдыха, часть пассажиров может следовать на деловую встречу и т. д. С учетом всех целей формула определения коэффициента увеличения неудовлетворенности пассажиров имеет следующий вид:

$$d_{ij}^{(\varphi)} = \sum_{j=1}^{\varphi} \alpha_{ij} \beta_j. \quad (9)$$

Если в поезде отсутствуют пассажиры, следующие с одной из φ целей, то для такой категории пассажиров α_{ij} и, соответственно, d_{ij} равны нулю, т. е. имеет место нулевое влияние такого фактора на увеличение общей неудовлетворенности пассажиров поезда.

Тогда величина K_{zni} с учетом всех φ целей поездок пассажиров может определяться по формуле

$$K_{zni} = K_{zni}^{исх} (1 + d_{ij}^{(\varphi)}). \quad (10)$$

Коэффициент e_{ic} (e_{i1}, e_{i2}) в функционале (6) используется для определения количества i -х пассажирских и пригородных поездов, для которых рассчитываются значения K_{zni} .

При этом коэффициент e_{i1} относится к поездам, опаздывающим при отправлении по обороту (фактор y_1), а коэффициент e_{i2} — к поездам, задерживаемым при затруднениях в эксплуатационной работе (фактор y_2).

В результате в функционале (3) величина K_{zni} представляет собой некоторое число, индивидуальное для каждого пассажирского или пригородного поезда, от-

ражающее общий уровень неудовлетворенности пассажиров, следующих в i -м опаздывающем пассажирском (пригородном) поезде.

Уровень неудовлетворенности пассажиров, следующих в опаздывающих пассажирских (пригородных) поездах, рассчитывается по формуле

$$K_{zni}^m = \sum_{i=1}^m K_{zni}, \quad (11)$$

где m — число опаздывающих пассажирских (пригородных) поездов.

Разработка методики определения значения K_{zni} и K_{zni}^m требует выполнения дополнительных самостоятельных исследований, связанных с решением следующих вопросов:

- оценка психологической чувствительности пассажиров к опозданиям поездов (в том числе при отмене рейсов) по рассмотренным факторам (т. е. определение численных значений коэффициента d_{ij});
- определение значений Q_{ni} , учитываемых при расчете K_{zni} ; значений Q_{nij} , учитываемых при расчете α_{ij} ; значений e_{i1} , e_{i2} , используемых для определения количества поездов, задерживаемых по обороту, а также вследствие возможных эксплуатационных затруднений;
- разработка порядка использования имеющейся информации о продаже билетов, а также условий проведения натурных статистических наблюдений для определения значений Q_{ni} и Q_{nij} ;
- разработка порядка выполнения экспертных оценок для определения исходных данных расчета;
- методическое обеспечение условий использования значений K_{zni} и K_{zni}^m применительно к практической организации пропуска пассажирских и пригородных поездов при затруднениях в эксплуатационной работе;
- определение порядка расчета численных значений K_{zni} и K_{zni}^m при оценке рисков опозданий поездов дежурным персоналом и нормировании показателей уровня выполнения расписаний.

Следует отметить, что поскольку при решении поставленных вопросов необходимо оценивать воздействие отклонений от расписаний на психологическое состояние пассажиров в разных условиях, то к таким исследованиям должны привлекаться профессиональные психологи.

Обсуждение и заключение. Существующая система учета выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов в недостаточной степени учитывает условия удовлетворенности пассажиров качеством предоставляемых услуг. Выполнение таких условий имеет важное значение для поддержания имиджа пассажирских компаний и железнодорожного транспорта в целом, а соответственно, и их конкурентоспособности. Разработана постановка задачи развития системы оценки качества выполнения расписаний.

Для пассажирских и пригородных поездов предлагается ввести показатель «уровень неудовлетворенности пассажиров качеством выполнения расписаний», численное значение которого определяется индексом «веса коэффициент значимости выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов» — $K_{\text{зн}}$.

Величина $K_{\text{зн}}$ зависит от ряда факторов: населенности поезда, продолжительности опоздания, целей поездок пассажиров — следование к месту работы с точным временем начала рабочего дня, следование по мультимодальному маршруту, поездка на деловую встречу и др. Изложены методы учета предложенных факторов в расчете $K_{\text{зн}}$.

Определены требования к выполнению дополнительных исследований, связанных с решением следующих вопросов: оценка психологической чувствительности пассажиров к опозданиям поездов, определение учитываемого количества пассажиров в опаздывающих поездах, методическое обеспечение условий использования значений $K_{\text{зн}}$ к практической организации работы по пропуску пассажирских и пригородных поездов.

Решение рассмотренной задачи позволит более правильно организовать управление продвижением пассажирских и пригородных поездов при затруднениях в эксплуатационной работе. Это важно как для более полного, чем это имеет место сегодня, соблюдения интересов пассажиров при поездках в пассажирских (пригородных) поездах, так и для поддержания и дальнейшего повышения имиджа железнодорожного транспорта и, соответственно, его конкурентоспособности на рынке транспортных услуг.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мехедов М. И., Сотников Е. А., Мехедова Е. А. Оценка влияния выполнения графика движения поездов на качество пассажирских перевозок // Железнодорожный транспорт. 2020. № 8. С. 4–8.
2. Мехедова Е. А. Анализ влияния количества остановок пассажирских и пригородных поездов на выполнение графика их движения // Мир транспорта. 2021. Т. 19, № 1. С. 136–155.
3. Оценка точности пассажирских сообщений // Железные дороги мира. 2017. № 11. С. 28–34.
4. Пассажирские и грузовые железнодорожные перевозки: удовлетворенность пользователей (2016–2017) [Электронный ресурс]. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/-passazhirskie-i-gruzovye-zheleznodorozhnye-perevozki-udovletvorennost-polzovatelej-2016-2017> (дата обращения: 19.11.2021).
5. Капелюк З. А., Попова Я. В. Качество железнодорожных транспортных услуг как фактор социально-экономического развития страны // Вестник НГИЭИ. 2021. № 6 (121). С. 58–67.
6. Иванова Е. А. Маркетинг качества обслуживания пассажиров // Мир транспорта. 2016. Т. 17, № 2. С. 102–111.
7. Виноградов С. А., Попов К. М. Цифровые технологии повышения энергетической эффективности железнодорожных перевозок // Железнодорожный транспорт. 2019. № 7. С. 42–45.
8. Современная методология технического нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов локомотивами на тягу по-

ездов: сб. тр. ученых ОАО «ВНИИЖТ» / Л. А. Мугинштейн [и др.]. М.: ВМГ-Принт, 2014. 144 с.

9. Обучение машинистов энергосберегающим и безопасным методам управления поездами / Л. А. Мугинштейн [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2005. № 9. С. 37–40.

10. A platform for improved performance // Modern Railways. 2017. Vol. 821. no. 2. P. 6–7.

11. Программа повышения качества транспортного обслуживания пассажиров в 2017–2019 годах [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 24 марта 2017 г. № 543р. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_218604/2c482fb9189d0362f86cd569d382326833a9f443 (дата обращения: 09.11.2021).

12. Типовой технологический процесс технического обслуживания пассажирских вагонов в пути следования и при отправлении поездов со станций формирования и оборота [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 25 марта 2010 г. № 588р. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_239303/bbb6c4fd6c1bb92df83fc7cf8f0a61957eac4d3c (дата обращения: 09.11.2021).

13. Altazin E. La replanification en temps réel de l'exploitation d'une ligne Transilien // Revue générale des Chemins de fer. 2018. Vol. 284. P. 50–56.

14. Ипатов В. В., Иванов М. Т., Грошев Г. М. Совершенствование диспетчерского управления // Железнодорожный транспорт. 1999. № 9. С. 56–59.

15. Роменский Д. Ю., Колин А. В. Проблемы и перспективы развития мультимодальных пассажирских перевозок с использованием железнодорожного транспорта // Транспортное дело России. 2018. № 2. С. 104–107.

16. Порядок назначения и отмены поездов всех категорий на инфраструктуре железнодорожного транспорта общего пользования, принадлежащей ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 12 февраля 2016 г. № 264р. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_252542/a63f7b8dc2dcd1a040cbf781cb949a3f9eaea2a4 (дата обращения: 09.11.2021).

REFERENCES

1. Mekhedov M. I., Sotnikov E. A., Mekhedova E. A. Otsenka vliyaniya vypolneniya grafika dvizheniya poezdov na kachestvo passazhirskikh perevozok [Assessment of the influence of train traffic schedule implementation on the quality of passenger transportation]. *Zheleznodorozhnyy transport = Railway transport*. 2020;(8):4–8. (In Russ.).
2. Mekhedova E. A. Analiz vliyaniya kolichstva ostanovok passazhirskikh i prigorodnykh poezdov na vypolnenie grafika ikh dvizheniya [Analysis of the influence of the number of stops of passenger and commuter trains on the implementation of its operation schedule]. *Mir transporta = World of Transport and Transportation*. 2021;19(1):136–155. (In Russ.).
3. Otsenka tochnosti passazhirskikh soobshcheniy [Assessment of the accuracy of passenger operation]. *Zheleznye dorogi mira = Railways of the World*. 2017;(11):28–34. (In Russ.).
4. Passazhirskie i gruzovye zheleznodorozhnye perevozki: udovletvorennost' pol'zovateley (2016–2017) [Passenger and freight rail transportation: user satisfaction (2016–2017)]. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/-passazhirskie-i-gruzovye-zheleznodorozhnye-perevozki-udovletvorennost-polzovatelej-2016-2017> (access date: 19.11.2021). (In Russ.).
5. Kapelyuk Z. A., Popova Ya. V. Kachestvo zheleznodorozhnykh transportnykh uslug kak faktor sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya strany [Quality of railway transport services as a factor in the country's socio-economic development]. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*. 2021;6 (121):58–67. (In Russ.).
6. Ivanova E. A. Marketing kachestva obsluzhivaniya passazhirov [Passenger service quality marketing]. *Mir transporta = World of Transport and Transportation*. 2016;17(2):102–111. (In Russ.).

7. Vinogradov S.A., Popov K.M. Tsifrovye tekhnologii povysheniya energeticheskoy effektivnosti zhelezнодорожных перевозок [Digital technologies for improving the energy efficiency of railway transportation]. *Zhelezнодороzhnyy transport = Railway transport*. 2019;(7):42–45. (In Russ.).

8. Muginshteyn L.A., Molchanov A.I., Vinogradov S.A., et al. Sovremennaya metodologiya tekhnicheskogo normirovaniya raskhoda toplivno-energeticheskikh resursov lokomotivami na tyagu poezdov: sb. tr. uchenykh OAO “VNIIZhT” [Modern methodology of technical regulation of the consumption of fuel and energy resources by locomotives for train traction: Coll. of works by scientists of JSC “VNIIZhT”]. Moscow: VMG-Print Publ.; 2014. 144 p. (In Russ.).

9. Muginshteyn L.A., Yabko I.A., Rakhmaninov V.I., et al. Obucheniye mashinistov energosberegayushchim i bezopasnym metodam upravleniya poezdami [Training of drivers in energy-saving and safe methods of train control]. *Zhelezнодороzhnyy transport = Railway transport*. 2005;(9):37–40. (In Russ.).

10. A platform for improved performance. *Modern Railways*. 2017;821(2): 6–7.

11. Programma povysheniya kachestva transportnogo obsluzhivaniya passazhirov v 2017–2019 godakh [The program to improve the quality of passenger transport services in 2017–2019]: utv. rasporyazheniem OAO “RZhD” ot 24 marta 2017 g. № 543r [approved by Order of JSC Russian Railways dated March 24, 2017 No. 543r]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_218604/2c482fb9189d0362f86cd569d382326833a9f443 (access date: 09.11.2021). (In Russ.).

12. Tipovoy tekhnologicheskii protsess tekhnicheskogo obsluzhivaniya passazhirskikh vagonov v puti sledovaniya i pri otpravlenii poezdov so stantsiy formirovaniya i oborota [Typical technological process for the maintenance of passenger cars along the route and when trains depart from the stations of formation and turnover]: utv. rasporyazheniem OAO “RZhD” ot 25 marta 2010 g. № 588r [approved by Order of JSC Russian Railways dated March 25, 2010 No. 588r]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_239303/bbb6c4fd6c1bb92df83fc7cf8fa61957eac4d3c (access date: 09.11.2021). (In Russ.).

13. Altazin E. La replanification en temps réel de l’exploitation d’une ligne Transilien. *Revue générale des Chemins de fer*. 2018;(284):50–56.

14. Ipatov V.V., Ivanov M.T., Groshev G.M. Sovershenstvovanie dispetcherskogo upravleniya [Improvement of dispatching control]. *Zhelezнодороzhnyy transport = Railway transport*. 1999;(9):56–59. (In Russ.).

15. Romenskiy D.Yu., Kolin A.V. Problemy i perspektivy razvitiya mul’timodal’nykh passazhirskikh перевозок s ispol’zovaniem zhelezнодорожного транспорта [Problems and prospects for the development of multimodal passenger transportation using railway transport]. *Transportnoye delo Rossii = Transport business of Russia*. 2018;(2):104–107. (In Russ.).

16. Poryadok naznacheniya i otmeny poezdov vseh kategoriy na infrastrukture zhelezнодорожного транспорта obshchego pol’zovaniya, prinallezhashchey OAO “RZhD” [Procedure for the appointment and cancellation of trains of all categories on the infrastructure of public railway transport owned by JSC Russian Railways]: utv. rasporyazheniem OAO “RZhD” ot 12 fevralya 2016 g. № 264r [approved by Order of JSC Russian Railways dated February 12, 2016 No. 264r]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_252542/a63f7b8dc2dc-d1a040cbf781cb949a3f9eaea2a4 (access date: 09.11.2021). (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Михаил Иванович МЕХЕДОВ,

канд. техн. наук, заместитель генерального директора, директор научного центра «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения» (НЦ «ЦМПЭ»), АО «ВНИИЖТ», AuthorID: 1019989, <https://orcid.org/0000-0002-8174-2>

Евгений Александрович СОТНИКОВ,

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, АО «ВНИИЖТ», AuthorID: 493861

Евгения Александровна МЕХЕДОВА,

ведущий технолог, НЦ «ЦМПЭ», АО «ВНИИЖТ», <https://orcid.org/0000-0002-3274-4413>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mikhail I. MEKHEDOV,

Cand. of Sci. (Engineering), Deputy General Director, Director of the Scientific Center “Digital Transportation Models and Energy Saving Technologies” (SC “TsMPE”), JSC “VNIIZhT”, AuthorID: 1019989, <https://orcid.org/0000-0002-8174-2>

Evgeniy A. SOTNIKOV,

Dr. of Sci. (Engineering), Professor, Chief Researcher, JSC “VNIIZhT”, AuthorID: 493861

Evgeniya A. MEKHEDOVA,

Leading Technologist, SC “TsMPE”, JSC “VNIIZhT”, <https://orcid.org/0000-0002-3274-4413>

ВКЛАД АВТОРОВ

Михаил Иванович МЕХЕДОВ. Формирование направления исследовательской деятельности (20%).

Евгений Александрович СОТНИКОВ. Формулировка цели и задачи исследования, формирование методологии исследования (40%).

Евгения Александровна МЕХЕДОВА. Формулировка новизны исследования, формирование и описание материалов (40%).

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Mikhail I. MEKHEDOV. Formation of the research course (20%).

Evgeniy A. SOTNIKOV. Formulation of the purpose and objectives of the study, formation of the research methodology (40%).

Evgeniya A. MEKHEDOVA. Formulation of the novelty of the research, the formation and description of materials (40%).

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The authors have read and approved the final manuscript.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials and methods. There is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 09.12.2021, первая рецензия получена 17.12.2021, вторая рецензия получена 21.12.2021, принята к публикации 01.02.2022.

The article was submitted 09.12.2021, first review received 17.12.2021, second review received 21.12.2021, accepted for publication 01.02.2022.