



Анализ влияния количества остановок пассажирских и пригородных поездов на выполнение графика их движения



Мехедова Евгения Александровна — Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта, Москва, Россия.*

Евгения МЕХЕДОВА

Одной из основных задач работников железнодорожного транспорта является безусловное выполнение графика движения пассажирских и пригородных поездов. Однако, это невозможно вследствие действия различных причин – фактической надёжности технических средств, природных и других факторов. В разных компаниях существуют различные нормативы и практика нормирования и мониторинга выполнения показателей.

Целью исследования являлось выяснение степени влияния фактора «число остановок поездов на маршруте» на уровень выполнения графика движения пассажирских и пригородных поездов.

Для апробации и расчётов предлагаемой модели использовался пример ОАО «РЖД».

В ОАО «РЖД» показатели выполнения расписаний нормируются исходя из принципа «от достигнутого уровня». Это не обеспечивает учёта объективных условий организации эксплуатационной работы на различных железных дорогах. Кроме того, в качестве основных условий предлагается учитывать: уровень использования пропускной способности, техническое состояние инфраструктуры и подвижного состава и др., однако при этом не рассматривается фактор количества предусмотренных в графике движения остановок пассажирских или пригородных поездов в пути следования. Чем больше количество остановок, тем большее влияние, при отсутствии возможности нагона расписания, оказывает этот фактор на уровень выполнения

графика движения. В свою очередь, возможности нагона расписаний в пассажирском движении при длинных маршрутах следования выше, чем в пригородном движении при коротких маршрутах.

Количество остановок поездов существенно различается по железным дорогам, что говорит о неодинаковых условиях их работы по данному фактору.

Определено численное значение указанного фактора, а также значения (отдельно для пассажирских и пригородных поездов) доли опоздавших поездов: по отправлению – $\alpha_{от}$; по прибытии на промежуточные пункты маршрута – $\alpha_{по}$; по прибытии на конечные пункты – $\alpha_{кр}$. На основании этих данных установлены параметры, позволяющие определить связь между количеством остановок поездов – e и изменением доли опаздывающих поездов. Методами математической статистики установлено незначительное влияние параметра e на значения $\alpha_{от}$, $\alpha_{по}$ и $\alpha_{кр}$. Показано, что на уровень выполнения расписаний пассажирских и пригородных поездов существенное влияние оказывают условия их следования уже после отправления с начальной станции и особенно возможность нагона после возможных задержек в пути следования. При этом следует учитывать совмещённую организацию пассажирского и грузового движения на большинстве линий сети. Предложено оптимизировать количество нормируемых показателей с учётом их сокращения.

Ключевые слова: транспорт, железная дорога, график движения пассажирских и пригородных поездов, нормирование, учёт и анализ выполнения графика движения, факторы, влияющие на выполнение графика движения поездов.

*Информация об авторе:

Мехедова Евгения Александровна – ведущий технолог Научного центра «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения» (НЦ «ЦМПЭ») АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, Россия, mekhedova.evgeniya@vniizht.ru.

Статья поступила в редакцию 07.10.2020, актуализирована 22.01.2021, принята к публикации 03.02.2021.

For the English text of the article please see p. 146.

ВВЕДЕНИЕ

Точное выполнение графика движения пассажирских и пригородных поездов является одним из важнейших условий оценки качества работы железнодорожного транспорта во всех странах, где реализовано железнодорожное движение (в некоторых из них, например, в Великобритании, анализ выполнения графика находится в публичном доступе¹). Это в полной мере относится и к системе железнодорожного транспорта Российской Федерации, обладающей одной из самых протяжённых сетей.

В этой связи вопросам выполнения графика движения пассажирских и пригородных поездов уделяется достаточно большое внимание в научной литературе многих стран, а также в представляемых на защиту магистерских и докторских диссертациях. В задачу данного исследования не входило проведение сравнительного анализа используемых на различных железнодорожных сетях параметров и методов, однако нельзя не отметить многоплановость ведущегося научного поиска. Так, наряду с комплексным рассмотрением влияния [1–4], детальному анализу подвергаются и отдельные проблемы, например, влияния многоплатформенных станций [5], содержания инфраструктуры [6–8]. Нельзя не отметить подходы к изучению вопросов общего расстояния маршрута на выполнение расписания (например, автор [4, с. 77] предполагает наличие корреляции в 3 % на каждые 100 км). Особого внимания в свете заявленной темы заслуживают работы, посвящённые рассмотрению аспектов выполнения расписания на национальной сети ряда стран [1; 9–10].

В России выполнение графика движения регулируют нормативные акты². Значительное внимание данному вопросу уделяется при подготовке персонала железных дорог (например, [11]).

Нарушение расписаний пассажирских и пригородных поездов нередко является

критичным для пассажиров³. Например, при следовании на работу или к месту деловой встречи, при пересадке на другой вид транспорта и в других случаях. Практически все опоздания вызывают у пользователей чувство неудовлетворённости, что оказывает влияние на индекс удовлетворённости пассажиров качеством услуг железнодорожного транспорта⁴.

Работники железных дорог должны стремиться к тому, чтобы нормативный график движения пассажирских и пригородных поездов выполнялся на 100 %. Однако по ряду объективных причин достигнуть этого за длительный период и для всех поездов не представляется возможным. Среди таких причин: фактическая надёжность технических средств — локомотивов, вагонов, пути, средств управления; природные факторы — погодные условия, природные аномалии; техногенные аномалии; особая технологическая необходимость — посадка и высадка на промежуточных станциях медицинских работников, больных; пропуск приоритетных поездов — пожарных, восстановительных; человеческий фактор. Поэтому при нормировании, учёте и анализе выполнения графика пассажирских и пригородных поездов необходимо правильно оценивать допущенные отступления от нормативных расписаний.

В ОАО «РЖД» для учёта и нормирования выполнения расписаний в пассажирских перевозках в числе других используются показатели, отражающие возможные отклонения пассажирских и пригородных поездов от расписаний при их следовании между конечными станциями отправления и прибытия:

- уровень выполнения расписаний пассажирских поездов по станциям посад-

¹ The Rail Delivery Group (RDG). [Электронный ресурс]: <https://www.raildeliverygroup.com/punctuality.html>. Доступ 15.01.2021.

² Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, утверждённые Приказом Минтранса России от 21 декабря 2010 г. № 286. [Электронный ресурс]: <https://base.garant.ru/55170488/>. Доступ 15.01.2021.

³ Программа повышения качества транспортного обслуживания пассажиров в 2017–2019 гг., утверждённая распоряжением ОАО «РЖД» от 24 марта 2017 г. № 543р. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/456076255?marker=656010>. Доступ 15.01.2021.

⁴ Единая методика оценки уровня удовлетворённости пассажиров качеством услуг железнодорожного транспорта, утверждённая распоряжением ОАО «РЖД» от 7 февраля 2018 г. № 227/р. [Электронный ресурс]: <https://urizdat.ru/books/zheleznodorozhnyy-transport/infrastruktura-obshche-polozheniya-cdi/edinaya-metodika-ocenki-urovnya-udovletvorennosti-passazhirov-kachestvom-uslug-zheleznodorozhnogo-transporta.-utverzhdjena-rasporyazheniem-oao-rzhd-ot-07.02.2018-227-r.html>. Доступ 15.01.2021.



ки (высадки) пассажиров в пути следования — $\gamma_{пв}^{пасс}$;

- уровень выполнения расписаний по прибытии пригородных поездов на промежуточные станции — $\gamma_{пв}^{приг}$.

Эти, как и другие показатели, в настоящее время нормируются исходя из принципа «от достигнутого уровня», что не позволяет при нормировании заданий на предстоящие периоды учитывать объективные условия эксплуатационной работы на железных дорогах. Разработана [12] методика учёта и нормирования показателей выполнения расписаний в пассажирском и пригородном движении по железным дорогам и сети в целом на основе действия ряда факторов, объективно влияющих на продвижение поездов по маршрутам их следования.

Таковыми факторами, согласно [12] являются:

- уровень использования наличной пропускной способности участков (кроме малодеятельных), а также степень сгущения поездопотоков;
- техническое состояние инфраструктуры и подвижного состава, определяемое по доле случаев отказов технических средств (влияющих на выполнение графиков движения), приходящейся на 1 млн поездо-км, выполняемых на отдельной железной дороге;
- суммарная продолжительность суточного бюджета времени на железных дорогах, выделяемого для плановых ремонтно-строительных работ⁵, отнесённая к эксплуатационной длине железных дорог;
- уровень технологической дисциплины, принимаемый одинаковым для всех железных дорог.

В то же время можно предположить, что для количественной оценки показателей $\gamma_{пв}^{пасс}$ и $\gamma_{пв}^{приг}$ важное значение может иметь фактор фактического количества остановок поездов в пути следования.

Целью исследования являлось выяснение степени влияния фактора «число остановок поездов на маршруте» на уровень выполнения графика движения пассажирских и пригородных поездов.

⁵ Инструкция по расчёту наличной пропускной способности железных дорог. — М.: Техинформ, 2010. — 289 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрим случай, когда, например, пассажирский поезд имеет семь остановок по маршруту следования. Если задержка произошла на первой остановке, и нет возможности «нагона» расписания на остальном маршруте, то в статистических отчётных данных для показателя $\gamma_{пв}^{пасс}$ будет зафиксировано и семь случаев отклонений от расписаний. Если же поезд имеет одну остановку при следовании от станции отправления до станции назначения, то одно опоздание в пути следования не увеличит количество статистических случаев отклонений от расписания.

Имеет значение и условие возможности «нагона» опоздания пассажирских и пригородных поездов⁶. У пассажирских поездов маршрут следования существенно длиннее, чем у пригородных. Следовательно, и возможности «нагона» расписаний значительно выше. Поэтому возможно ожидать меньшего влияния опозданий в пассажирском движении на уровень выполнения рассматриваемого показателя, чем в пригородном. Соответственно, эти виды движения — пассажирское и пригородное — при изучении статистических данных следует рассматривать отдельно.

Как показал анализ, количество остановок пассажирских поездов для посадки и высадки пассажиров существенно различается по железным дорогам. Конечно, на величину этого показателя оказывают влияние протяжённость железных дорог, количество пассажирских поездов и другие условия. Но в целом он отражает неодинаковость условий расчёта значения показателя $\gamma_{пв}^{пасс}$ по железным дорогам, что показано на рис. 1. На нём представлено годовое количество остановок пассажирских поездов по станциям посадки (высадки) на различных железных дорогах (2018 год) и их доли по количеству остановок.

В целях рассмотрения степени влияния количества остановок пассажирских (при-

⁶ Методика учёта времени нагона опоздания высокоскоростных, скоростных, пассажирских и пригородных поездов, утверждённая распоряжением ОАО «РЖД» от 10 июня 2019 г. № 1142/р. [Электронный ресурс]: <https://promarket.shop/metodika-ucheta-vremeni-nagona-opozdaniya-vysokoskorostnykh-skorostnykh-passazhirskikh-i-prigorodnykh-poezdov-utverzhdenu-rasporyazheniem-oao-rzhd-ot-10-06-2019-1142-r/>. Доступ 15.01.2021.

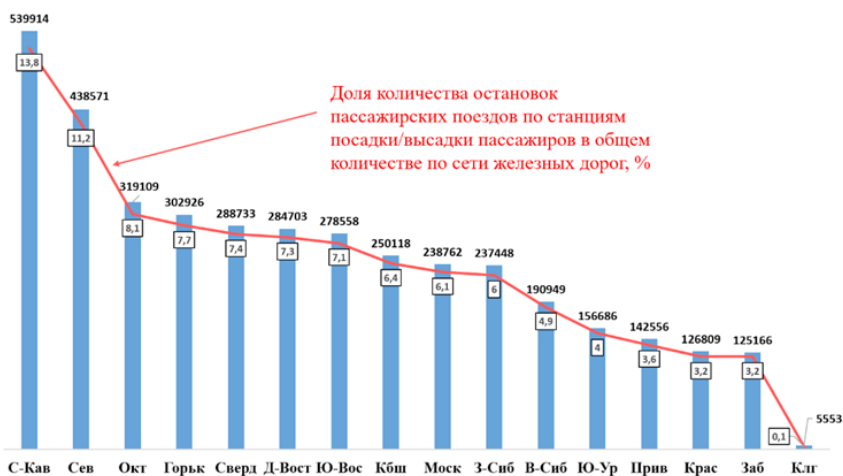


Рис. 1. Годовое количество остановок по станциям посадки/высадки пассажиров по сети (2018 год) и их доли по количеству остановок на железных дорогах. (Статистические отчёты ф.ДО-13ВЦ, ф.ДО-11 ОАО «РЖД» о выполнении расписания движения пассажирских/пригородных поездов по станциям посадки (высадки) пассажиров).

городных) поездов для посадки/высадки пассажиров в качестве дополнительного фактора при нормировании показателей $\gamma_{пв}^{пасс}$ и $\gamma_{пв}^{приг}$ необходимо выполнить статистический анализ зависимостей:

$$\gamma_{пв}^{пасс} = F(K_{ост}^{пасс}), \quad (1)$$

где $K_{ост}^{пасс}$ — количество остановок у пассажирских поездов.

$$\gamma_{пв}^{приг} = F(K_{ост}^{приг}), \quad (2)$$

где $K_{ост}^{приг}$ — количество остановок у пригородных поездов.

Влияние количества графиковых остановок на выполнение расписания пассажирских и пригородных поездов следует оценивать не по абсолютному, а по удельному количеству остановок, приходящихся на один отправленный поезд.

Чем больше остановок имеют на железной дороге отправленные поезда, тем большее влияние должны оказывать их единичные опоздания на показатели $\gamma_{пв}^{пасс}$ и $\gamma_{пв}^{приг}$. Назовём данную зависимость фактором e , численное значение которого по железным дорогам равно:

- для пассажирских поездов:

$$e^{пасс} = \frac{K_{ост}^{пасс}}{n_{от}^{пасс}}, \quad (3)$$

где $n_{от}^{пасс}$ — количество пассажирских поездов, отправившихся на железной дороге со станций отправления или поступивших с соседних железных дорог;

$K_{ост}^{пасс}$ — количество остановок у пассажирских поездов.

- для пригородных поездов:

$$e^{приг} = \frac{K_{ост}^{приг}}{n_{от}^{приг}}, \quad (4)$$

где $n_{от}^{приг}$ — количество пригородных поездов, отправившихся на железной дороге со станций отправления или поступивших с соседних железных дорог;

$K_{ост}^{приг}$ — количество остановок у пригородных поездов.

Количество остановок пассажирских ($K_{ост}^{пасс}$) и пригородных ($K_{ост}^{приг}$) поездов равно имеющемуся в отчётных формах количеству фактов: прибытия на станции посадки (высадки) для пассажирских поездов и прибытия на промежуточные для пригородных поездов.

В табл. 1 приведены отчётные данные выполнения расписания пассажирских поездов в 2019 году, а в табл. 2 — пригородных поездов для всех принятых в ОАО «РЖД» учётных показателей по данным видам движения — в пассажирском движении: по отправлению — $\gamma_{от}^{пасс}$; по проследованию, то есть, по станциям посадки и высадки пассажиров — $\gamma_{пв}^{пасс}$; по прибытию на конечную станцию — $\gamma_{пр}^{пасс}$; в пригородном движении: отправление поездов с пунктов отправления — $\gamma_{от}^{приг}$; прибытие поездов на промежуточные пункты — $\gamma_{пв}^{приг}$; прибытие поездов в пункты назначения — $\gamma_{пр}^{приг}$.

В соответствии с действующей отчётностью численное значение фактора $e^{пасс}$,

Таблица 1

Выполнение расписаний движения пассажирских поездов по железным дорогам

Железные дороги	Отправление пассажирских поездов		Прибытие пассажирских поездов на станцию посадки / высадки		Прибытие пассажирских поездов на станцию назначения	
	кол-во фактов отправления	в т.ч. с опозданием	кол-во фактов прибытия пв	в т.ч. с опозданием	кол-во фактов прибытия	в т.ч. с опозданием
	$n_{от}^{пасс}$	$n_{от}^{пасс\ on}$	$n_{пв}^{пасс}$	$n_{пв}^{пасс\ on}$	$n_{пр}^{пасс}$	$n_{пр}^{пасс\ on}$
Окт.	47 980	440	349 053	5 437	47 976	652
Клг	824	—	6 051	17	823	2
Моск.	63 675	409	255 526	4 595	63 661	1 645
Горьк.	13 979	49	311 192	3 465	13 956	91
Сев.	14 562	72	442 595	6 011	14 560	398
С-Кав.	27 577	98	568 152	8 314	27 580	328
Ю-Вос.	6 244	33	284 530	3 426	6 243	48
Прив.	6 528	91	137 980	2 518	6 538	161
Кбш	8 498	29	260 699	3 285	8 490	116
Сверд.	9 876	27	288 156	7 131	9 903	136
Ю-Ур.	6 395	36	162 868	1 702	6 459	41
З-Сиб.	11 770	36	251 143	2 178	11 706	79
Крас.	3 282	18	137 016	4 461	3 288	63
В-Сиб.	3 905	29	198 649	9 640	3 908	244
Заб.	4 025	54	127 258	13 417	4 014	240
Д-Вос.	8 557	56	284 008	5 430	8 553	241
Сеть	237 677	1 477	4 064 876	81 027	237 658	4 485

Примечание: Данные статистических отчётов ф.ДО-13ВЦ, ф.ДО-11. Отчёт о выполнении расписания движения пассажирских поездов по станциям посадки (высадки) пассажиров.

Таблица 2

Выполнение расписаний движения пригородных поездов по железным дорогам

Железные дороги	Отправление пригородных поездов		Прибытие пригородных поездов на промежуточные пункты		Прибытие пригородных в пункты назначения	
	кол-во фактов отправления	в т.ч. с опозданием	кол-во фактов прибытия	в т.ч. с опозданием	кол-во фактов прибытия	в т.ч. с опозданием
	$n_{от}^{приг}$	$n_{от}^{приг\ on}$	$n_{пв}^{приг}$	$n_{пв}^{приг\ on}$	$n_{пр}^{приг}$	$n_{пр}^{приг\ on}$
Окт.	347 983	1 521	2 058 112	18 316	347 985	3 458
Клг	26 582	14	83 952	70	26 582	35
Моск.	996 070	12 898	6 071 131	121 486	996 286	24 930
Горьк.	165 204	494	988 571	5 333	165 209	1 094
Сев.	56 478	337	454 682	4 963	56 114	623
С-Кав.	129 780	549	758 919	4 990	129 780	1 128
Ю-Вос.	64 725	206	318 364	1 459	64 725	355
Прив.	38 972	157	301 465	2 129	38 972	357
Кбш	55 787	200	487 972	3 132	55 894	468
Сверд.	120 203	964	921 782	10 002	120 567	2 204
Ю-Ур.	39 904	129	275 180	1 545	39 539	306
З-Сиб.	106 554	151	640 268	1 545	106 554	372
Крас.	36 187	241	148 692	1 991	36 187	650
В-Сиб.	41 491	323	311 784	5 963	41 492	1 346
Заб.	19 114	348	120 598	9 918	19 115	2 722
Д-Вос.	40 208	209	250 616	3 259	40 209	608
Сеть	2 285 242	18 741	14 192 088	196 101	2 285 210	40 656

Примечание: Данные статистических отчётов ф.ДО-13ВЦ, ф.ДО-11 ОАО «РЖД».

т.е. количества остановок пассажирских поездов на станциях посадки и высадки, приходящихся на один отправленный пассажирский поезд, определяется по формуле:

$$e^{пасс} = \frac{n_{пв}^{пасс}}{n_{от}^{пасс}}, \quad (5)$$

где $n_{пв}^{пасс}$ — количество фактов прибытия пассажирских поездов на станции посадки (высадки) пассажиров в пути следования поезда;

$n_{от}^{пасс}$ — количество фактов отправления пассажирских поездов.

Для фактора $e^{приг}$:

$$e^{приг} = \frac{n_{пв}^{приг}}{n_{от}^{приг}}, \quad (6)$$

где $n_{пв}^{приг}$ — количество фактов прибытия пригородных поездов на промежуточные пункты;

$n_{от}^{приг}$ — количество фактов отправления пригородных поездов.

Доля опоздавших поездов для каждого учётного вида поездов (пассажирских или пригородных) равна:

- по отправлению поездов:

$$\alpha_{от} = \frac{n_{от}^{он}}{n_{от}} 100, \%, \quad (7)$$

где $n_{от}^{он}$ — количество опоздавших поездов (пассажирских и пригородных) при отправлении;

$n_{от}$ — количество фактов отправления (пассажирских или пригородных) поездов.

- по прибытии на станцию посадки (высадки) или по прибытии на промежуточные пункты:

$$\alpha_{пв} = \frac{n_{пв}^{он}}{n_{пв}} 100, \%, \quad (8)$$

где $n_{пв}^{он}$ — количество опоздавших пассажирских поездов по прибытии на станции посадки (высадки) пассажирских поездов или пригородных поездов по прибытии на промежуточные пункты;

$n_{пв}$ — количество фактов прибытия на станции посадки (высадки) пассажирских поездов или на промежуточные пункты пригородных поездов.

- по прибытии на станцию назначения или на конечные пункты:

$$\alpha_{пр} = \frac{n_{пр}^{он}}{n_{пр}} 100, \%, \quad (9)$$

где $n_{пр}^{он}$ — количество опоздавших пассажирских поездов по прибытии на станции назначения или пригородных поездов по прибытии на конечные пункты;

$n_{пр}$ — количество фактов прибытия пассажирских поездов на станцию назначения или пригородных поездов на конечные пункты.

Изменение доли опоздавших поездов для учётного вида «прибытие на станции посадки (высадки)» по сравнению с долей для учётного вида «отправление поездов» определяется по формуле (тоже для пригородных поездов по прибытии на промежуточные пункты):

$$z_{пв/от} = \frac{\alpha_{пв}}{\alpha_{от}}. \quad (10)$$

Представляет интерес также влияние доли опозданий по станциям посадки (высадки) на долю опозданий по прибытии:

$$z_{пр/пв} = \frac{\alpha_{пр}}{\alpha_{пв}}. \quad (11)$$

Все расчёты по формулам (3–11) на основании статистических данных за 2019 год для пассажирского движения сведены в табл. 3, для пригородного — в табл. 4.

Связь между количеством остановок и изменением доли опаздывающих поездов проверена на основании определения коэффициента детерминации (критерия согласия) — R^2 [13], то есть изменчивости $z_{пв/от}$ (доли опаздывающих поездов по отношению к доле отправленных поездов) от фактора e (отношения количества остановок к количеству фактов отправления). Полные данные для всех железных дорог по $z_{пв/от} = f(e)$ в пассажирском и пригородном движении приведены на рис. 2 и 3, соответственно.

По шкале Чеддока [13] значение коэффициента детерминации (R^2) в пределах от 0 до 0,3 интерпретируется как очень слабая зависимость.

Таким образом, установлено незначительное влияние на выполнение расписаний пассажирских и пригородных поездов количества графиковых остановок в пути следования. Следовательно, фактор e не следует учитывать при нормировании показателей выполнения расписаний поездов.



Таблица 3

Результаты расчётов значений $\epsilon^{\text{пасс}}$, $\alpha_{\text{от}}$, $\alpha_{\text{пв}}$, $\alpha_{\text{пр}}$, $z_{\text{пв/от}}$, $z_{\text{пр/пв}}$ для пассажирского движения

Железные дороги	Расчётные значения					
	$\epsilon^{\text{пасс}}$	$\alpha_{\text{от}}$, %	$\alpha_{\text{пв}}$, %	$\alpha_{\text{пр}}$, %	$z_{\text{пв/от}}$	$z_{\text{пр/пв}}$
Окт.	7,275	0,92	1,56	1,36	1,70	0,87
Клг	7,343	0,00	0,28	0,24	0,00	0,86
Моск.	4,013	0,64	1,80	2,58	2,80	1,44
Горьк.	22,261	0,35	1,11	0,65	3,18	0,59
Сев.	30,394	0,49	1,36	2,73	2,75	2,01
С-Кав.	20,602	0,36	1,46	1,19	4,12	0,81
Ю-Вос.	45,569	0,53	1,20	0,77	2,28	0,64
Прив.	21,137	1,39	1,82	2,46	1,31	1,35
Кбш	30,678	0,34	1,26	1,37	3,69	1,08
Сверд.	29,177	0,27	2,47	1,37	9,05	0,55
Ю-Ур.	25,468	0,56	1,05	0,63	1,86	0,61
З-Сиб.	21,338	0,31	0,87	0,67	2,84	0,78
Крас.	41,748	0,55	3,26	1,92	5,94	0,59
В-Сиб.	50,870	0,74	4,85	6,24	6,53	1,29
Заб.	31,617	1,34	10,54	5,98	7,86	0,57
Д-Вос.	33,190	0,65	1,91	2,82	2,92	1,47
Сеть	17,103	0,62	1,99	1,89	3,21	0,95

Таблица 4

Результаты расчётов значений $\epsilon^{\text{приг}}$, $\alpha_{\text{от}}$, $\alpha_{\text{пв}}$, $\alpha_{\text{пр}}$, $z_{\text{пв/от}}$, $z_{\text{пр/пв}}$ для пригородного движения

Железные дороги	Расчётные значения					
	$\epsilon^{\text{приг}}$	$\alpha_{\text{от}}$, %	$\alpha_{\text{пв}}$, %	$\alpha_{\text{пр}}$, %	$z_{\text{пв/от}}$	$z_{\text{пр/пв}}$
Окт.	5,914	0,44	0,89	0,99	2,02	1,12
Клг	3,158	0,05	0,08	0,13	1,6	1,58
Моск.	6,095	1,29	2,00	2,50	1,55	1,25
Горьк.	5,984	0,30	0,54	0,66	1,80	1,23
Сев.	8,051	0,60	1,09	1,11	1,83	1,02
С-Кав.	5,848	0,42	0,66	0,87	1,55	1,32
Ю-Вос.	4,919	0,32	0,46	0,55	1,44	1,20
Прив.	7,735	0,40	0,71	0,92	1,75	1,30
Кбш	8,747	0,36	0,64	0,84	1,79	1,30
Сверд.	7,669	0,80	1,09	1,83	1,35	1,68
Ю-Ур.	6,896	0,32	0,56	0,77	1,74	1,38
З-Сиб.	6,009	0,14	0,24	0,35	1,70	1,45
Крас.	4,109	0,67	1,34	1,80	2,01	1,34
В-Сиб.	7,514	0,78	1,91	3,24	2,46	1,70
Заб.	6,309	1,82	8,22	14,24	4,52	1,73
Д-Вос.	6,233	0,52	1,30	1,51	2,50	1,16
Сеть	6,210	0,82	1,38	1,78	1,68	1,29

Для нормирования и анализа выполнения показателей представляет интерес взаимосвязь показателей по отправлению, проследованию и прибытии пассажирских и пригородных поездов, которая может быть установлена по статистическим данным таблиц 1–4.

Следует отметить высокий уровень выполнения расписаний (в %) по отправле-

нию на сетевом уровне в пассажирском – 99,38 % и пригородном – 99,18 % движении. Выполнение расписаний по проследованию снижается, соответственно, до 98,01 % и 98,62 %. Выполнение расписаний по прибытии близко к уровню выполнения расписаний по проследованию, соответственно, 98,22 % и 98,11 %.

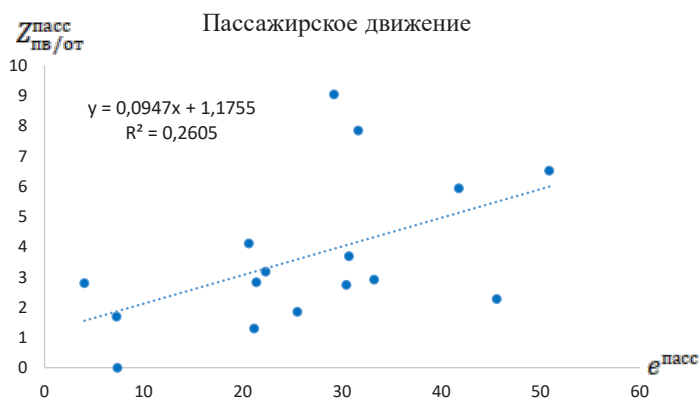


Рис. 2 Линейная регрессия зависимости количества опозданий пассажирских поездов, следующих с остановками в пути следования, от количества остановок на маршруте.

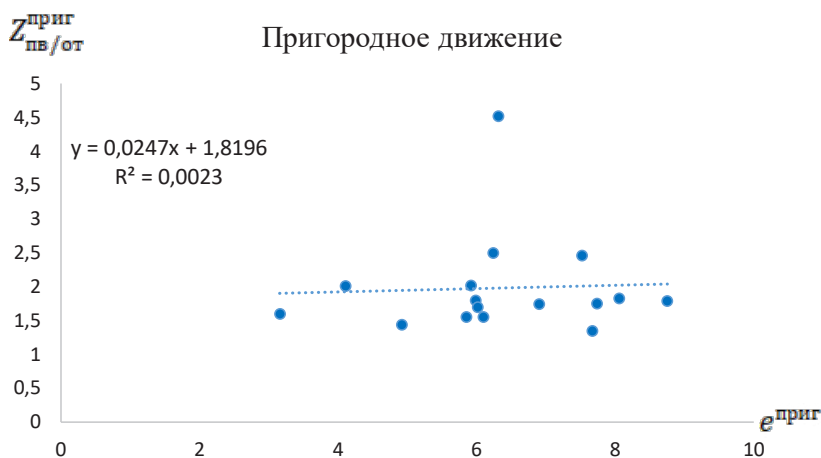


Рис. 3. Линейная регрессия зависимости количества опозданий для пригородных поездов, следующих с остановками в пути следования, от количества остановок на маршруте.

Сравнение этих результатов, достигнутых в ОАО «РЖД», с опубликованными зарубежными данными указывает на устойчивую работу отечественных железных дорог по выполнению расписаний в пассажирском движении. Например, в Великобритании в первой половине 2010-х гг. [14] по данным двадцати трёх операторов пассажирских перевозок максимальный уровень достигал 96,7 %, уровень выше 90 % достигли одиннадцать операторов, при среднем значении для всех операторов – 89,1 %. В 2019 году была изменена методика расчёта выполнения расписания. Если ранее учитывалось опоздание прибытия на конечную станцию в пределах 5–10 минут, то с этого времени учитываются опоздания в пределах 1 минуты по всем проследуемым стан-

циям⁷. Например, по данным за второй квартал 2020–2021 финансового года было отменено всего 2,2 % от запланированного числа отправок (1645696), а среднее число отмен в годовом исчислении на тот момент оценивалось в 3 %. На основе информации о 17792303 остановках в пути следования 79,3 % были осуществлены по расписанию (в пределах отклонения не более, чем на 1 минуту), что в среднегодовом исчислении на тот момент оценивалось в 71,2 %. 92,5 % остановок в пути следования было совершено в пределах трёхминутного отклонения от расписания (87,2 % в пересчёте на годовые

⁷ [Электронный ресурс]: <https://media.raildeliverygroup.com/news/every-second-counts-as-rail-firms-use-new-punctuality-measures-to-help-improve-performance>. Доступ 15.01.2021.



данные), 99,3 % — в пределах пятнадцатиминутного отклонения (98,7 % в пересчёте на год)⁸.

В странах Европейского Союза ситуация в начале — первой половине 2010-х годов отличалась. Согласно данным [15], на некоторых железных дорогах Франции допускались отклонения пассажирских поездов более чем 10 % от графика, но лишь 29 % таких опозданий связаны с внешними причинами и проблемами содержания инфраструктуры. В пригородном сообщении Гамбурга (ФРГ) уровень выполнения расписаний в тот же период составил 94 % [16] при этом транспортный договор с компанией, выполняющей функции операторов пассажирских перевозок, предусматривал точность соблюдения графика 94,7 %. При оценке фактически достигнутого уровня учитывается фактор увеличения объёма перевозок по сравнению с предусмотренным в договоре. Особенно сложным становилось выполнение расписаний при затруднениях, связанных с климатическими условиями. Отмечалось, например, что на железных дорогах ФРГ [17] в зимние месяцы уровень выполнения расписаний мог снижаться до 77,2 %, а в отдельные дни даже до 20,5 %.

В ЕС в 2007 году был принят (вступил в силу в 2009 году) регламент № 1371/2007 о правах и обязанностях пассажиров железнодорожного транспорта, в частности, предусматривающий компенсации за несоблюдение графика движения при опоздании более часа в зависимости от вида сообщения [18, с. 21; рис. 7]. При этом с 2017 года обсуждается актуализация этого документа в силу того, что его цели не полностью достигнуты, в том числе по причине исключения из применения не носящих обязательного характера положений большинством стран ЕС [18, с. 5]. В докладе отмечаются значительные различия в периодичности и объёме сбора и публикации данных по отмене назначенных поездов и опозданиях [18, с. 21–25], приведён анализ статистики выполнения расписания пассажирского движения в региональном и дальнем сообщении в 2016 году по странам ЕС [18, с. 24], корреляции удовлетворённости пассажиров полученными услугами и выполнения расписания.

⁸ [Электронный ресурс]: <https://dataportal.orr.gov.uk/popular-statistics/how-many-trains-arrive-on-time/>. Доступ 15.01.2021.

Наиболее высокий уровень выполнения расписаний достигнут на высокоскоростных железных дорогах Японии [19], на которых среднее опоздание поездов не превышает одной минуты, это достигается за счёт создания высоконадёжной инфраструктуры и подвижного состава и постоянного проведения мер по их текущему содержанию и ремонту.

ВЫВОДЫ

На основе проведённого на примере сети ОАО «РЖД» анализа и предложенных формул расчёта можно сделать вывод, что соотношение между различными показателями, характеризующими пассажирское движение, можно оценить по величине значений z в формулах (10) и (11). Для пассажирского движения эти величины равны: 3,2 и 0,95; для пригородного: 1,7 и 1,3.

Из этого следует, что на выполнение расписаний существенное влияние оказывают условия следования поездов уже после их отправления.

В частности, на сети железных дорог в России основные задержки связаны по данным отчётности с отказами технических средств 1–2 категории (ОТС), которые вызывают задержки поездов. Анализ ОТС показывает, что при отсутствии управляющих воздействий на движение пассажирских и пригородных поездов после того, как отказ произошёл, уровень выполнения расписаний снизился бы примерно на 6–7 %, т.е. до уровня 93–94 %, что неблагоприятно сказалось бы на имидже ОАО «РЖД» в области пассажирских перевозок. Такого возможного значительного снижения уровня выполнения расписаний не происходит вследствие управляющих воздействий диспетчерского аппарата по «нагону» расписаний.

Следовательно, в современных условиях крайне важно обеспечить выполнение диспетчерским аппаратом работы по управлению движением на участках и в целом на железных дорогах по выполнению «нагонов» расписаний опаздывающих пассажирских и пригородных поездов. В России на сети железных дорог пассажирские и грузовые перевозки выполняются в основном по одним и тем же линиям часто при высоком уровне заполнения пропускной способности. В этих условиях

«нагоны» расписаний выполняются за счёт сдвига в графике «ниток» грузовых поездов, вызывая их отклонение от расписаний. Этот фактор следует учитывать при нормировании показателей выполнения расписаний грузовых поездов.

Близость значений $\alpha_{пв}$ и $\alpha_{пр}$ говорит о возможности уменьшения количества нормируемых показателей в пассажирских перевозках. Целесообразно оставить два показателя, например, выполнение расписаний по отправлению и по прибытии, поскольку величина $\gamma_{пр}$ по существу включает в себя и показатель $\gamma_{пв}$.

Разработанные в статье предложения целесообразно использовать для совершенствования системы нормирования показателей выполнения графика движения поездов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abdul Sukor, Nur Sabahiah; Subramaniam, Moganraj; Masirin, Mohd Idrus Mohd. Punctuality of Intercity Trains and Passengers' Perspective towards Arrival Time Delay. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 2013, Vol. 5, Iss. 6, pp. 1998–2002. [Электронный ресурс]: DOI: 10.19026/rjaset.5.4741 Доступ 15.01.2021.
2. Goverde, R. M. P. Punctuality of Railway Operations and Timetable Stability Analysis. PhD thesis. TRAIL Thesis Series no. T2005/10. The Netherlands TRAIL Research School [Netherlands Research School on Transport, Infrastructure and Logistics], 2005, 293 p. [Электронный ресурс]: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:a40ae4f1-1732-4bf3-bbf5-fdb8dfd635e7>. Доступ 15.01.2021.
3. Grechi, D., Maggi, E. The importance of punctuality in rail transport investigation on the delay determinants. *European Transport/Trasporti Europei*, Eur. Transp. Trasp. Eur. 2018, 70, 1–23. [Электронный ресурс]: http://www.istee.unict.it/europeantransport/papers/N70/P02_70_2018.pdf. Доступ 15.01.2021.
4. Palmqvist, C.-W. Delays and Timetabling for Passenger Trains. Doctoral Dissertation. Lund University, Faculty of Engineering, Department of Technology and Society. Bulletin 317, 2019, 104 p. and annexed papers. [Электронный ресурс]: https://www.trafikverket.se/contentassets/27b69216a6b845efb48ec7dd2bf049ce/carl-william_palmqvist_komplett.pdf. Доступ 15.01.2021.
5. Garrisi, G., Cervell6-Pastor, C. Train-Scheduling Optimization Model for Railway Networks with Multiplatform Stations. *Sustainability*, 2020, Vol. 12, Iss. 257. [Электронный ресурс]: DOI:10.3390/sul2010257.
6. Olsson, N. O. E. Train punctuality analysis in a rolling stock perspective. *Transportation Research Procedia*, Vol. 47, pp. 641–647. [Электронный ресурс]: DOI: 10.1016/j.trpro.2020.03.142. Доступ 15.01.2021.
7. Nystr6m, B. Aspects of Improving Punctuality. From Data to Decision in Railway Maintenance. Doctoral thesis. Luleå University of Technology, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Division of Operation and Maintenance Engineering, 2008, 101 p., appendixes. [Электронный ресурс]: <http://ltu.diva-portal.org/smash/get/diva2:999787/FULLTEXT01.pdf>. Доступ 15.01.2021.
8. Soltani, S. Investigating the Effect of Trackwork on Punctuality of Swedish Railways. Master's thesis in Project Management (Supervisor N. Olsson). Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Economics and Management, Department of Industrial Economics and Technology Management, June 2019. [Электронный ресурс]: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2632047/no.ntnu%3Ainspera%3A2523332.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Доступ 15.01.2021.
9. Økland, A., Olsson, N. O. E. Punctuality development and delay explanation factors on Norwegian railways in the period 2005–2014. *Public Transport* (2021), Vol. 13, pp. 127–161. Published online 9 June 2020. [Электронный ресурс]: DOI: <https://doi.org/10.1007/s12469-020-00236-y>.pdf. Доступ 15.01.2021.
10. Palmqvist, C.-W., Olsson, N. O. E., Winslott-Hiselius, L. Some influencing factors for passenger train punctuality in Sweden. *International Journal of Prognostics and Health Management (IJPHM Special Issue on Railway Systems & Mass Transportation)*, 2017, Vol. 8, No. 3. [Электронный ресурс]: DOI: <https://doi.org/10.36001/ijphm.2017.v8i3.2649>. Доступ 15.01.2021.
11. Авдовский А. А., Бадаев А. С. и др. Организация железнодорожных пассажирских перевозок: Учебное пособие. – 5-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 256 с. [Электронный ресурс]: https://fileskachat.com/download/44528_5b63ab34eae0c771c15f4b269a94a5f8.html. Доступ 15.01.2021.
12. Мехедов М. И., Сотников Е. А., Мехедова Е. А. Развитие системы показателей выполнения расписаний движения пассажирских и пригородных поездов для железных дорог и сети в целом // Вестник ВНИИЖТ. – 2020. – № 4. – С. 183–190. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-4-183-190>. Доступ 15.01.2021.
13. Ишханян М. В., Карпенко Н. В. Эконометрика. Парная регрессия: Учеб. пособие. Часть I. – М.: МИИТ, 2016. – 117 с. [Электронный ресурс]: <https://docplayer.ru/45933548-Kafedra-matematika-m-v-ishhanyan-n-v-karpenko-ekonometrika-chast-i-parnaya-regressiya-uchebnoe-posobie.html>. Доступ 15.01.2021.
14. Sherratt, Ph., Mikes, T. Steady performance decline: Modern Railways, 2016, Vol. 73, No. 813, p. 13.
15. Mauvais jours pour la ponctualite des trains. *La Vie du Rail hebdo*, 2017, No. 3621, p. 9. [Электронный ресурс]: https://www.laviedurail.com/magazines-archives/la-vie-du-rail-hebdomadaire/3621_LVDR/. Доступ 15.01.2021.
16. S-bahn Гамбурга ставит рекорд точности: Железные дороги мира. – 2011. – № 2. – С. 5. [Электронный ресурс]: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_16365723_51685922.pdf. Доступ 15.01.2021.
17. Зимние задержки поездов в Германии (новости): Железные дороги мира. – 2011. – № 2. – С. 2. [Электронный ресурс]: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_16365723_51685922.pdf. Доступ 15.01.2021.
18. Le suivi de la qualité de service et des droits des passagers dans le transport ferroviaire de voyageurs en Europe et en France. [Электронный ресурс]: <http://autorite-transport.fr/wp-content/uploads/2018/12/le-suivi-de-la-qualite-de-service-et-des-droits-des-passagers-dans-le-transport-ferroviaire-de-voyageurs-en-europe-et-en-france-novembre-2018.pdf>. Доступ 15.01.2021.
19. Punctuality Tokyo style: Modern Railways, February 2019, pp. 76–79. [Электронный ресурс]: <https://www.keymodernrailways.com/article/punctuality-tokyo-style>. Доступ 15.01.2021.

