



Экономическая оценка сезонной неравномерности загрузки железнодорожной инфраструктуры



Дмитрий МАЧЕРЕТ



Алексей РАЗУВАЕВ



Анастасия ЛЕДНЕЙ

*Мачерет Дмитрий Александрович – Российский университет транспорта, Москва, Россия.
Разуваев Алексей Дмитриевич – Российский университет транспорта, Москва, Россия.
Ледней Анастасия Юрьевна – Российский университет транспорта, Москва, Россия*.*

В статье рассматривается проблема сезонной неравномерности перевозок и влияние её на загрузку транспортной инфраструктуры. Целью проведённого исследования является выработка научно обоснованных рекомендаций по осуществлению мониторинга сезонной неравномерности перевозок и загрузки инфраструктуры на основе её адекватной оценки; проведению экономической оценки влияния сезонности перевозок на показатели текущей и инвестиционной деятельности железнодорожного транспорта; выработке рекомендаций по дальнейшему снижению неравномерности перевозок или, по крайней мере, недопущению её роста. Авторами решены следующие задачи: сформирована аргументированная, логически структурированная последовательность экономической оценки влияния сезонности перевозок на показатели текущей и инвестиционной деятельности железнодорожного транспорта, и предложены научно обоснованные рекомендации для дальнейшего снижения неравномерности перевозок (недопущения её роста). При этом использованы следующие методы: логико-аналитический, методы статистического анализа, экономико-математического моделирования и технико-экономических расчётов.

В результате исследования авторы выявили, что сезонная неравномерность загрузки железнодорожной инфраструктуры приводит к снижению качества перевозок и ухудшению рыночного имиджа железнодорожной отрасли, увеличению эксплуатационных расходов

и себестоимости перевозок, то есть к снижению эффективности и конкурентоспособности железных дорог. Неравномерность перевозок негативно сказывается и на эффективности инвестиций в развитие железнодорожного транспорта.

Проведённый анализ позволил сформулировать теоретическую модель влияния сезонной неравномерности загрузки железнодорожной инфраструктуры на эффективность её использования и развития. Предложенный в статье методический инструмент оценки сезонной неравномерности загрузки железнодорожной инфраструктуры целесообразно использовать для её углублённого ретроспективного анализа, с выявлением основных факторов, влияющих на показатели неравномерности, и определением предельно допустимого уровня сезонной неравномерности.

Разработанная модель влияния сезонной неравномерности загрузки на эффективность использования и развития железнодорожной инфраструктуры позволяет осуществлять экономическую оценку сезонной неравномерности, является инструментом повышения эффективности планирования и управления перевозочной деятельностью и развития железных дорог. Снижение сезонной неравномерности перевозок следует рассматривать как фактор повышения экономической эффективности не только текущей, но и инвестиционной деятельности железнодорожного транспорта, а её рост – как специфический вид риска для эффективности реализации проектов развития железнодорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: транспорт, сезонная неравномерность загрузки инфраструктуры, железнодорожная инфраструктура, приведённая работа, эксплуатационные расходы, себестоимость перевозок, экономическая эффективность.

*Информация об авторах:

Мачерет Дмитрий Александрович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики транспортной инфраструктуры и управления строительным бизнесом Российского университета транспорта, Москва, Россия, macheretda@rambler.ru.

Разуваев Алексей Дмитриевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики транспортной инфраструктуры и управления строительным бизнесом Российского университета транспорта, Москва, Россия, razuvaevalex@yandex.ru.

Ледней Анастасия Юрьевна – аспирант кафедры экономики транспортной инфраструктуры и управления строительным бизнесом Российского университета транспорта, Москва, Россия, trinitinoks@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.12.2019, принята к публикации 03.03.2020.

For the English text of the article please see p. 105.

ВВЕДЕНИЕ

Негативное влияние неравномерности перевозок на эксплуатационные и экономические показатели железных дорог отмечалось исследователями начиная с XIX века и до современности [1–3]. Фундаментальный характер данной проблемы был раскрыт в работе [4]. При этом особенно значимой является сезонная неравномерность перевозок [5, с. 5] (сезонность), под которой понимают «неравномерность перевозок по кварталам года и месяцам» [6, с. 240].

Академик Т. С. Хачатуров отмечал негативное влияние неравномерности перевозок как на инвестиционные, так и на эксплуатационные затраты железных дорог. Первое связано с тем, что «приходится предусматривать... резерв технического вооружения транспорта, обусловленный неравномерностью перевозок, что соответственно увеличивает потребные капиталовложения» [6, с. 239]. Второе – с тем, «что в периоды максимума перевозок нередко возникают трудности с продвижением поездов, что приводит к замедлению продвижения грузов. Всё это способствует повышению себестоимости перевозок» [6, с. 239–240]. К этой справедливой оценке следует добавить, что замедление продвижения грузов влечёт за собой и существенные макроэкономические потери, связанные с «замораживанием» оборотного капитала, воплощённого в перевозимых товарах, в течение срока их перевозки [7; 8, с. 92].

И потери, связанные с замедлением доставки товаров, и повышение себестоимости перевозок [9] становятся особенно значимыми в условиях высокого и сверхвысокого заполнения пропускной способности железных дорог («перегрузки», в современной экономической терминологии [10]). А именно такая ситуация существует на ряде ключевых направлений сети российских железных дорог [11, с. 14]. Её преодоление требует развития железнодорожной инфраструктуры. Комплексным планом модернизации и расширения магистральной инфраструктуры предусмотрены масштабные задачи, охватывающие все виды транспорта, в том числе – железнодорожный, и нацеленные как на решение существующих инфраструктурных

проблем, так и на то, чтобы открыть возможности для развития новых точек экономического роста [12; 13].

Анализ Комплексного плана показывает, что он требует существенных инвестиционных вложений со стороны не только федерального бюджета, но и регионов (многие из которых испытывают финансовые проблемы), а также со стороны хозяйствующих субъектов [14, с. 32–36]. В частности, в Долгосрочной программе развития (ДПР) ОАО «РЖД» до 2025 года, увязанной в части железнодорожных инфраструктурных проектов с Комплексным планом, предусмотрен существенный рост инвестиций. В соответствии с базовым сценарием ДПР, в 2019–2025 годах среднегодовые инвестиции должны составить около 670 млрд руб., а по оптимистичному сценарию – порядка 830 млрд руб. [15]. Важно, что ускорение инвестиций в развитие российских железных дорог уже началась. Если в 2018 г. объём инвестиций ОАО «РЖД» составил около 550 млрд руб., то в 2019 г. – около 690 млрд [16, с. 9]. При этом возможность такой активизации инвестиционной деятельности компании и в целом успешность реализации ДПР будет зависеть от множества факторов, включая факторы внешней среды, и сопряжена с существенными рисками, некоторые из которых уже проявились на старте реализации программы, в 2019 году [17, с. 16].

Комплексным планом предусмотрена реализация наиболее крупных инфраструктурных проектов. И для развития бизнеса, и в интересах обеспечения мобильности населения страны они «должны быть дополнены «низовой» активизацией развития транспортной инфраструктуры, которая решила бы проблемы «последней мили», местных перевозок и т.п.» [18, с. 35]. Для таких проектов нужны дополнительные инвестиции, в том числе – частные, привлечение которых требует соответствующих институциональных условий.

Учитывая, что инвестиционные ресурсы всегда являются ограниченными (это свойственно всем экономическим благам [19, с. 103–108]), важной задачей является повышение эффективности использования существующей транспортной инфраструктуры. Это позволяет отсрочить инвестици-



онные вложения, что даёт соответствующий эффект [20, с. 57].

Снижение сезонной неравномерности перевозок является немаловажным фактором обеспечения для экономики и населения такого ключевого в современных условиях экономического блага, как транспортная инфраструктура.

Грузооборот на железнодорожном транспорте за 2016–2018 годы увеличился на 10,8 %, при снижении его сезонной неравномерности, оцениваемой как отношение максимального месячного значения среднесуточного грузооборота в течение года к среднесуточному грузообороту за год, с 105,6 до 103,3 %. Очевидно, что в условиях неполного удовлетворения спроса на погрузочные ресурсы в периоды «пикового» спроса, отмечаемого грузоотправителями [21, с. 26; 22, с. 36], сохраняющейся на сети проблемы оставления поездов без движения («брошенных поездов»), без снижения уровня сезонной неравномерности перевозок фактически достигнутая динамика грузооборота могла бы быть не обеспечена. Исходя из сказанного, представляется необходимым:

- во-первых, осуществление мониторинга сезонной неравномерности перевозок и загрузки инфраструктуры на основе её адекватной оценки;
- во-вторых, проведение экономической оценки влияния сезонности перевозок на показатели текущей и инвестиционной деятельности железнодорожного транспорта;
- в-третьих, выработка рекомендаций по дальнейшему снижению неравномерности перевозок или, по крайней мере, недопущению её роста.

Целью данной статьи является выработка научно обоснованных рекомендаций по решению указанных задач. При этом используются логико-аналитический метод, методы статистического анализа, экономико-математического моделирования и технико-экономических расчётов.

ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЗАГРУЗКИ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В работах [23; 24] представлен усовершенствованный методический инструментарий для оценки сезонной неравномерно-

сти грузовых и пассажирских перевозок. Следует выделить два его главных отличия от традиционного подхода:

- для каждого рассматриваемого периода (месяца или квартала) используются среднесуточные, а не совокупные значения показателей, характеризующих объёмы перевозок;

- сезонная неравномерность грузовых перевозок оценивается не по показателю «перевезено грузов», а по двум показателям: «погрузка грузов» и «грузооборот». Это позволяет существенно уточнить характеристики неравномерности перевозок, как наглядно показано в работе [24, с. 325].

Неравномерность перевозок целесообразно оценивать по каждому виду перевозок (грузовым и пассажирским), используя для этого соответствующие показатели, как это представлено в работе [23, с. 5]. В то же время в условиях совмещённого движения грузовых и пассажирских поездов, характерного для отечественных железных дорог [25, с. 84], для характеристики загрузки инфраструктуры целесообразно использовать релевантный интегральный показатель. В качестве такого показателя может выступать суммарный грузооборот брутто, охватывающий перевозки в грузовом и пассажирском движении [26] или приведённая работа [27]. Учитывая, что грузооборот брутто является исключительно расходообразующим показателем, а для оценки приведённой продукции транспорта, производительности важнейших ресурсов, таких, как труд и инфраструктура [27], используется показатель «приведённая работа», представляется целесообразным оценивать сезонную неравномерность загрузки железнодорожной инфраструктуры с помощью этого показателя. Приведённая работа (продукция) железнодорожного транспорта определяется как сумма грузооборота и пассажирооборота [28, с. 121], при этом для определения производительности труда пассажирооборот удваивается [28, с. 199]. Обосновывается также введение специального повышающего коэффициента для грузооборота контейнерных грузов исходя из более высокой себестоимости и зарплатоёмкости их перевозок. Как указывается в [29, с. 45–46], наиболее точно приведённую работу для оценки производительности инфраструктуры мож-

Таблица 1

Сезонная неравномерность загрузки железнодорожной инфраструктуры, %

Год	$K_{нер}^1$	$K_{нер}^2$	$K_{нер}^3$			
			I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
2017	102,5	105,7	96,9	99,3	102,5	101,3
2018	102,6	105,5	97,3	99,6	102,6	100,5

но было бы оценить, используя специально рассчитываемые коэффициенты приведения для грузооборота и пассажирооборота, выполняемого каждой категорией поездов, имеющих коэффициент съёма пропускной способности, отличный от других категорий. Однако такая оценка довольно сложна, поэтому отмечается возможность определять приведённую работу для оценки производительности инфраструктуры по формуле [29, с. 46]:

$$PL_{тар} = PL_{тар} + K_{прив} \cdot HL, \quad (1)$$

где $PL_{тар}$ – тарифный грузооборот;

HL – пассажирооборот;

$K_{прив}$ – коэффициент приведения.

Коэффициент приведения может оцениваться различным образом, важно отметить, что в любом случае он будет больше единицы. В настоящем исследовании принимается значение $K_{прив} = 2$, как и для оценки производительности труда.

Оценку сезонной неравномерности загрузки инфраструктуры предлагается осуществлять с помощью следующих показателей (коэффициентов неравномерности):

$$K_{нер}^1 = \frac{\overline{PL_{прив}}^{\max}}{\overline{PL_{прив}}^{\min}}, \quad (2)$$

$$K_{нер}^2 = \frac{\overline{PL_{прив}}^{\max}}{\overline{PL_{прив}}^{\min}}, \quad (3)$$

$$K_{нер}^3 = \frac{\overline{PL_{прив}}^i}{\overline{PL_{прив}}^{\text{год}}}, \quad (4),$$

где $\overline{PL_{прив}}^{\max}$, $\overline{PL_{прив}}^{\min}$ – соответственно, максимальное и минимальное квартальное (месячное) значение среднесуточной приведённой работы в течение года;

$\overline{PL_{прив}}^{\text{год}}$ – среднесуточная приведённая работа за год;

$\overline{PL_{прив}}^i$ – среднесуточная приведённая работа конкретного квартала (месяца).

Указанные показатели, которые могут выражаться в виде коэффициентов или в процентах, являются не альтернативными, а взаимодополняющими. В совокупно-

сти они позволяют комплексно оценить сезонную неравномерность загрузки железнодорожной инфраструктуры.

Коэффициент $K_{нер}^1$ характеризует превышение загрузки инфраструктуры в «пиковый» сезон над среднегодовым уровнем. Его важность определяется тем, что пропускные и провозные способности железных дорог должны позволять реализовывать не только средние, но и максимальные нагрузки без потери ритмичности и устойчивости работы. Это необходимо для обеспечения экономической эффективности их функционирования. Однако важно также соотношение загрузки инфраструктуры в «пиковый» сезон и сезон низкого спроса, которое показывает коэффициент $K_{нер}^2$. Вместе эти коэффициенты дают среднегодовую характеристику неравномерности загрузки железнодорожной инфраструктуры. Но и такая характеристика не является исчерпывающей. С экономической точки зрения важно (как будет показано ниже) оценить и уровень загрузки в каждом сезоне, в сравнении со среднегодовым уровнем с помощью коэффициента $K_{нер}^3$.

Характеристики сезонной (квартальной) неравномерности загрузки инфраструктуры Российских железных дорог показаны в табл. 1. Как видно из данных таблицы, они не подвержены резким изменениям.

Важное теоретическое и прикладное значение имеет выявление влияния сезонной неравномерности загрузки железнодорожной инфраструктуры на экономические показатели отрасли.

ВЛИЯНИЕ СЕЗОННОСТИ ЗАГРУЗКИ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Эффективность деятельности и конкурентоспособность железнодорожного



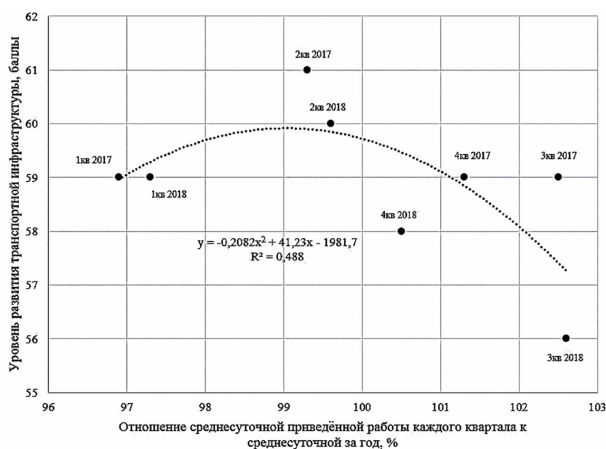


Рис. 1. Зависимость оценки грузоотправителями уровня развития железнодорожной инфраструктуры от уровня её загрузки.

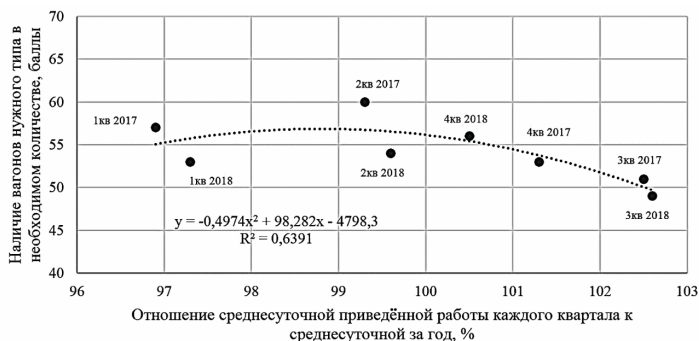


Рис. 2. Зависимость оценки грузоотправителями наличия вагонов нужного типа в необходимом количестве от уровня загрузки инфраструктуры.

транспорта как текущая, так и долгосрочная, значительно зависят от уровня качества услуг, оказываемых пользователям [30; 31]. При этом важны не только объективно измеряемые отраслевой статистикой показатели качества перевозок, но и субъективные оценки качества оказываемых услуг самими пользователями [32, с. 58; 29, с. 147–148]. Использование для характеристики качества транспортных услуг таких оценок не просто отражает принцип клиентоориентированности, а соответствует фундаментальным положениям экономической теории [33, с. 63]. Ведь именно на основе собственных субъективных оценок пользователи принимают решение о том, как организовать перевозку (какие виды транспорта, какую логистическую схему использовать), да и осуществлять ли перевозку вообще. Использование обобщённых в виде «Индекса качества» оценок грузоладельцев позволило установить, что чувствительность спроса на грузовые перевозки к уровню качества почти вдвое выше,

чем к уровню провозной платы [34, с. 40–41; 35, с. 135–139].

С учётом сказанного представляет интерес исследование зависимости балловых оценок грузовладельцами показателей качества транспортных услуг, являющихся компонентами обобщённого «Индекса качества», от уровня загрузки железнодорожной инфраструктуры. При загрузке инфраструктуры свыше 100 % от среднего уровня существует тенденция снижения оценок грузоотправителями уровня развития транспортной инфраструктуры (рис. 1). Другими словами, в периоды «пиковой» загрузки инфраструктуры её развитие воспринимается грузоотправителями как относительно худшее, чем в периоды загрузки ниже среднего уровня.

Интересно, что значительно более сильная зависимость существует между оценками грузоотправителями наличия вагонов нужного типа в необходимом количестве и уровнем загрузки инфраструктуры (рис. 2). В периоды «пиковой» загрузки эти

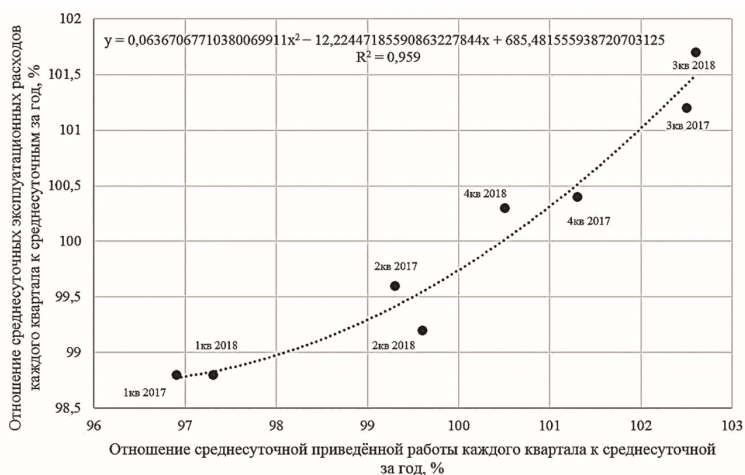


Рис. 3. Зависимость эксплуатационных расходов от неравномерности загрузки инфраструктуры.

оценки снижаются, что связано как с возникновением дефицита вагонов при росте спроса, так и с затруднениями в подсылке порожних вагонов к местам погрузки из-за высокого и сверхвысокого заполнения пропускной способности на многих участках сети железных дорог.

Важное значение имеет анализ зависимости ключевого экономического показателя железнодорожного транспорта — расходов на осуществление перевозок (эксплуатационных расходов) — от неравномерности загрузки инфраструктуры. Для выполнения соответствующей оценки эксплуатационные расходы разных кварталов были приведены к сопоставимому виду путём исключения из расходов I и IV («зимних») кварталов дополнительных затрат, связанных с осуществлением эксплуатационной работы в зимний период (на топливо, снегоборьбу и др.), а из расходов IV квартала, кроме того, дополнительных затрат, связанных с завершением года (выплаты по счётам и др.). После указанных корректировок квартальных данных были рассчитаны среднесуточные расходы по каждому году и по кварталам и определены отношения среднесуточных расходов каждого квартала к соответствующим среднегодовым значениям.

Выполненная оценка показывает нелинейный характер зависимости эксплуатационных расходов от уровня загрузки железнодорожной инфраструктуры (рис. 3). Такой результат является эмпирическим

подтверждением теоретических положений, высказанных в ряде работ по экономике транспорта [9, с. 87; 36, с. 96–97; 37, с. 367–368] и согласующихся с фундаментальными положениями экономической теории, в соответствии с которыми при увеличении объёмов производства в условиях неизменного количества основного капитала, начиная с некоторого момента, вступает в действие закон убывающей отдачи [38, с. 271–273]. В результате предельные издержки растут, а рост общих издержек становится нелинейным и ускоряется.

Примечательно, что в рассматриваемых условиях ещё до достижения среднегодового уровня загрузки железнодорожной инфраструктуры рост затрат ускоряется (рис. 3).

Это свидетельствует о том, что даже при среднегодовой загрузке отечественные железные дороги оказываются перегруженными, т.е. функционируют в экономически неоптимальном режиме. При существенном превышении среднегодового уровня загрузки рост затрат существенно превышает значения, наблюдаемые при наличии резервов пропускной способности, и становится опережающим по сравнению с ростом загрузки инфраструктуры (рис. 4). Весьма показательным является увеличение разрыва между графиками нелинейного роста эксплуатационных расходов при перезагрузке инфраструктуры и теоретическим графиком при отсутствии таковой.

Одной из основных причин нелинейного, ускоряющегося роста эксплуатаци-



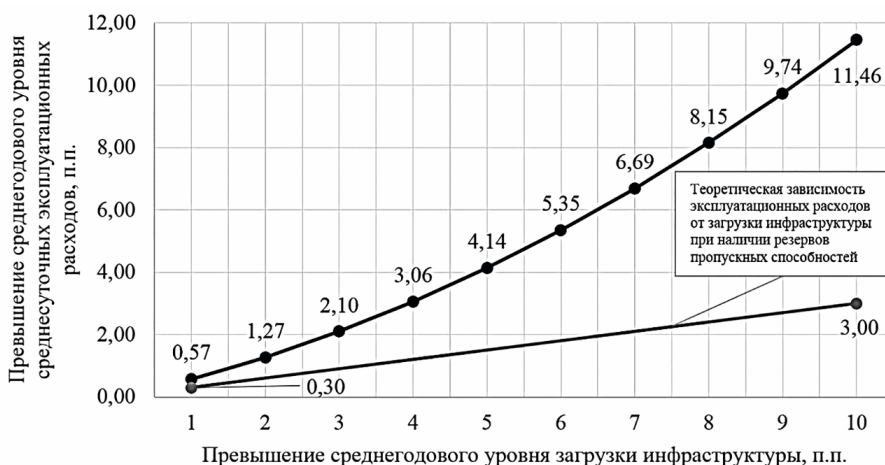


Рис. 4. Рост эксплуатационных расходов при перегрузке инфраструктуры.

онных затрат при повышении уровня загрузки инфраструктуры является ухудшение качества использования подвижного состава по времени, прежде всего – снижение скоростей движения поездов. В ряде исследований, выполнявшихся в разные годы, установлено, что при заполнении пропускной способности железнодорожных линий свыше 70–80 % от расчётной величины участковая скорость движения грузовых поездов на этих линиях снижается [39; 40; 41, с. 1–5], а себестоимость перевозок, соответственно, растёт [42, с. 195–196; 43, с. 67–68].

Эмпирический анализ внутригодовых изменений скоростей движения поездов (табл. 2) в сопоставлении с сезонной неравномерностью загрузки железнодорожной инфраструктуры (табл. 1) свидетельствует о том, что в периоды более высокой загрузки инфраструктуры скорости движения поездов снижаются, а их минимальные значения приходятся на III квартал, когда уровень загрузки инфраструктуры максимален.

Математическая оценка зависимости участковой скорости от неравномерности загрузки железнодорожной инфраструктуры также свидетельствует о снижении участковой скорости при перегрузке инфраструктуры (рис. 5).

Научная ценность проведённого моделирования состоит в том, что установлена зависимость участковой скорости от уровня загрузки инфраструктуры не для отдельных линий, а для сети железных дорог в целом. Как известно, себестои-

мость перевозок и участковая скорость связаны обратной зависимостью [37, с. 269–276]. Это значит, что при снижении участковой скорости себестоимость перевозок, а, следовательно, и общая сумма эксплуатационных расходов возрастают.

При этом снижением участковой скорости рост эксплуатационных расходов объясняется лишь частично, так как выполненный анализ показывает (табл. 1, 2), что в периоды «пиковой» загрузки инфраструктуры снижается не только участковая скорость, но и коэффициент участковой скорости, определяемый как отношение участковой скорости к технической [44, с. 246]. Снижение коэффициента участковой скорости означает, что увеличиваются простои поездов на промежуточных станциях, а это дополнительно увеличивает эксплуатационные затраты вследствие увеличения вагоно-часов и локомотиво-часов простоя, а также бригадо-часов локомотивных бригад [45]. Совокупностью указанных факторов и объясняется рост эксплуатационных расходов, показанный на рис. 4. Кроме того, указанные простои приводят к замедлению доставки товаров, что влечёт за собой потери для товаровладельцев и экономики в целом [46, с. 6–7], и может также повлечь взыскание с перевозчика штрафов за просрочку доставки грузов.

Таким образом, сезонная неравномерность загрузки железнодорожной инфраструктуры приводит к снижению качества перевозок и ухудшению рыночного имиджа железнодорожной отрасли, увеличению эксплуатационных расходов и себестоимо-

сти перевозок, что снижает эффективность и конкурентоспособность железных дорог. Соответственно, неравномерность перевозок снижает и эффективность инвестиций в развитие железнодорожного транспорта. Потому возможности роста неравномерности перевозок следует рассматривать как специфический вид риска при реализации как отдельных инвестиционных проектов, так и комплексных программ развития, таких как Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года [15].

МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЗАГРУЗКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ

Проведённый анализ и выполненные оценки, с учётом понимания экономических взаимосвязей в сфере эксплуатации и развития транспортных систем, позволяют с использованием логико-аналитического метода [47] сформировать теоретическую модель влияния сезонной неравномерности загрузки железнодорожной инфраструктуры на эффективность её использования и развития. Модель основывается на следующем положении.

1. Среднесуточная величина приведённой работы ($\overline{PL}_{прив}^{год}$) железнодорожного транспорта за год при её сложившейся структуре по видам и направлениям перевозок (S_{ij}) и заданном уровне тарифов (T) определяет годовые доходы отрасли от перевозок (D):

$$D = f(\overline{PL}_{прив}^{год}, S_{ij}, T). \quad (5)$$

В настоящем исследовании мы абстрагируемся от изменения структуры перевозок и уровня тарифов, чтобы выявить влияние сезонной неравномерности. Тогда выражение (5) можно записать как:

$$D = f(\overline{PL}_{прив}^{год}). \quad (6)$$

2. Максимальная среднесуточная приведённая работа внутригодового периода — квартала или месяца — $\overline{PL}_{прив}^{max}$ определяет как потребные капитальные вложения (K) в создание пропускных и провозных способностей для реализации соответствующего объёма перевозок, так и не только зависящие от объёмов перевозок (перемен-

ные) эксплуатационные расходы соответствующего периода, но и годовые условно-постоянные расходы ($E_{y-пост}$), связанные, прежде всего, с содержанием инфраструктуры:

$$K = f(\overline{PL}_{прив}^{max}); \quad (7)$$

$$E_{y-пост} = f(\overline{PL}_{прив}^{max}). \quad (8)$$

При этом зависящие (переменные) эксплуатационные расходы в периоды «пиковых» объёмов определяются не только самими этими объёмами, но и ухудшением качественных показателей перевозочного процесса, в частности, снижением скоростей движения (ΔV):

$$E_{зав}^{max} = f(\overline{PL}_{прив}^{max}, \Delta V). \quad (9)$$

3. Эффективность использования транспортной инфраструктуры ($\mathcal{E}_{инфр}^u$) зависит от соотношения доходов от перевозок, осуществляемых с использованием этой инфраструктуры, и соответствующих эксплуатационных затрат как зависящих, так и не зависящих от объёмов перевозок (условно-постоянных):

$$\mathcal{E}_{инфр}^u = f(D, E_{y-пост}, E_{зав}). \quad (10)$$

С учётом зависимостей (5–9), при сложившейся структуре перевозок и заданном уровне тарифов:

$$\mathcal{E}_{инфр}^u = f(\overline{PL}_{прив}^{год}, \overline{PL}_{прив}^{max}). \quad (11)$$

В свою очередь, среднесуточная величина приведённой работы железнодорожного транспорта за год ($\overline{PL}_{прив}^{год}$) зависит как от её уровня в периоды максимальных и минимальных перевозок и соотношения между ними, так и от общего распределения перевозок по периодам года, т.е. от параметров $K_{пер}^1, K_{пер}^2, \{K_{пер}^3, \dots\}$.

Из этого следует существование зависимости:

$$\mathcal{E}_{инфр}^u = f(K_{пер}^1, K_{пер}^2, \{K_{пер}^3, \dots\}). \quad (12)$$

4. При приближении максимального уровня загрузки железнодорожной инфраструктуры к кривой производственных возможностей (КПВ¹), вступает в силу закон убывающей отдачи и возникает необходимость проведения реконструктивных

¹ КПВ железнодорожной линии показывает, какое число поездов разного вида (пассажирских, грузовых и др.) можно пропустить по этой линии за определённый интервал времени [37, с. 365].



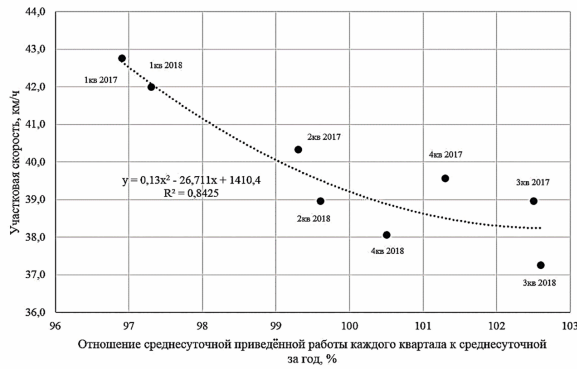


Рис. 5. Зависимость участковой скорости грузовых поездов от неравномерности загрузки инфраструктуры.

Таблица 2
Динамика участковой и технической скоростей движения грузовых поездов и изменение коэффициента участковой скорости по кварталам за 2017–2018 гг.

Показатель	2017 год				2018 год			
	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.
Участковая скорость	42,8	40,3	39,0	39,6	42,0	39,0	37,3	38,1
Техническая скорость	48,5	47,0	46,1	46,4	48,4	46,5	45,7	46,2
Коэффициент участковой скорости	0,881	0,858	0,845	0,852	0,868	0,839	0,815	0,824

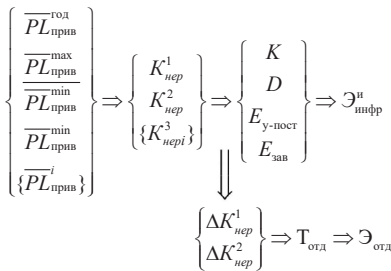


Рис. 6. Схема оценки влияния сезонной неравномерности загрузки железнодорожной инфраструктуры на эффективность её использования и развития.

мероприятий [37, с. 366], требующих соответствующих капитальных затрат ($K_{рек}$).

Капитальные затраты на реконструкцию железнодорожной инфраструктуры должны окупаться за счёт доходов от перевозок и других эффектов, связанных с увеличением, благодаря реконструкции, объёмов перевозок (приведённой работы).

В ситуации, когда существует сезонная неравномерность загрузки инфраструктуры, т.е. коэффициенты $K_{нер}^1$, $K_{нер}^2$, $K_{нер}^3$ не равны единице, альтернативой реконструкции является снижение неравномерности перевозок, с сокращением величин $K_{нер}^1$, $K_{нер}^2$. При этом возникает возможность отдалить капитальные затраты на реконструкцию, осуществив их в последующие годы. Эффект от

отдаления затрат ($\Theta_{отд}$) при данной величине отдаляемых в будущем затрат на реконструкцию железнодорожной инфраструктуры зависит от времени отдаления затрат ($T_{отд}$) — чем оно больше, тем эффект выше:

$$\Theta_{отд} = f(T_{отд}). \quad (13)$$

Сущность эффекта от отдаления капитальных затрат связана с тем, что за период отдаления они дадут эффект при каких-либо альтернативных вариантах использования. Если же источником соответствующих инвестиций служат заёмные средства, будут снижены процентные платежи.

В свою очередь, время отдаления затрат зависит от снижения неравномерности загрузки инфраструктуры:

$$T_{отд} = f(\Delta K_{нер}^1, \Delta K_{нер}^2). \quad (14)$$

Из этого следует:

$$\Theta_{отд} = f(\Delta K_{нер}^1, \Delta K_{нер}^2). \quad (15)$$

Таким образом, на основе логического анализа показано влияние сезонной неравномерности загрузки железнодорожной инфраструктуры на эффективность её использования и развития. В обобщённом виде описанная модель представлена на рис. 6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный в статье методический инструментарий оценки сезонной нерав-

номерности загрузки железнодорожной инфраструктуры целесообразно использовать для её углублённого ретроспективного анализа, с выявлением основных факторов, влияющих на показатели неравномерности, и определением минимального достижимого (предельно допустимого) уровня сезонной неравномерности. Это позволит осуществлять прогнозирование сезонной неравномерности на перспективу и выработку мероприятий по её снижению (недопущению превышения предельного уровня). В основе мероприятий по снижению неравномерности перевозок могут лежать как тарифные меры, основанные на изменении провозной платы в зависимости от уровня загрузки инфраструктуры [10, с. 164–165; 48, с. 191; 49, с. 69–70], так и, в дополнение к ним, меры организационно-технологические, в том числе — основанные на использовании анализа «больших данных» и компьютерного моделирования [50].

Осуществлять текущий мониторинг сезонной неравномерности перевозок, с оценкой действенности разработанных мер по её снижению и их необходимой корректировкой следует также с использованием данного методического инструментария.

Выявленное в ходе проведённого исследования влияние неравномерности загрузки железнодорожной инфраструктуры на оценку качества транспортных услуг грузоотправителями, качественные показатели эксплуатационной деятельности и эксплуатационные затраты железнодорожного транспорта, разработанная модель влияния сезонной неравномерности загрузки на эффективность использования и развития железнодорожной инфраструктуры позволяют осуществлять экономическую оценку влияния сезонной неравномерности на результаты как текущей, так и на инвестиционной деятельности железнодорожного транспорта, и, тем самым, являются инструментами повышения эффективности планирования и управления перевозочной деятельностью и развитием железных дорог.

При этом снижение сезонной неравномерности перевозок следует рассма-

тривать как фактор повышения экономической эффективности не только текущей, но и инвестиционной деятельности железнодорожного транспорта, а её рост — как специфический вид риска для эффективности реализации проектов развития железнодорожной инфраструктуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галицинский Ф. А. Пропускная способность железных дорог и замешательства в движении. — СПб., 1899. — 249 с.
2. Эксплуатация железных дорог. Общие сведения / Краткое изложение лекций профессора Мясоедова-Иванова // Институт инженеров путей сообщения Александра I. — СПб.: Типография Ю. Н. Эрлих, 1910. — 158 с.
3. Сотников Е. А., Шенфельд К. П. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и её влияние на потребную пропускную способность участков // Вестник ВНИИЖТ. — 2011. — № 5. — С. 3–9.
4. Мачерет Д. А. Фундаментальные производственно-экономические проблемы и их особенности на железнодорожном транспорте // Железнодорожный транспорт. — 2002. — № 5. — С. 59–61.
5. Угрюмов А. К. Неравномерность движения поездов. — М.: Транспорт, 1968. — 112 с.
6. Хачатуров Т. С. Экономика транспорта. — М.: Издательство Академии наук СССР, 1959. — 588 с.
7. Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. Модель и методика макроэкономической оценки товарной массы, находящейся в процессе перевозки // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. — 2011. — № 2. — С. 3–7.
8. Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. Повышение скоростной эффективности транспортного сообщения на основе непрерывного перемещения товаров и пассажиров // Фундаментальные исследования для долгосрочного развития железнодорожного транспорта. Сборник трудов членов и научных партнёров Объединённого учёного совета ОАО «РЖД». — М.: Интекст, 2013. — С. 85–94.
9. Мачерет Д. А., Валеев Н. А. Научный инструментарий предиктивного управления эффективностью железнодорожного транспорта // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. — 2018. — Т. 77. — № 2. — С. 84–91.
10. Уолтерс А. А. Чрезмерное потребление (перезагрузка) // Экономическая теория / Под ред. Дж. Итуэлла, М. Милгейта, П. Ньюмена / Пер. с англ. — М.: Инфра-М, 2004. — С. 157–166.
11. Рышков А. В., Постников С. Б. ОАО «РЖД» — потребности в изменениях в эпоху перемен // Экономика железных дорог. — 2020. — № 1. — С. 11–29.
12. Распоряжение Правительства от 30 сентября 2018 г. № 2101-п / Об утверждении Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года. [Электронный ресурс]: <http://static.government.ru/media/files/MUNhgWFddP3UfF9RJASDW9VxP8zwcB4Y.pdf>. Доступ 11.10.2018.
13. Мачерет Д. А., Ледней А. Ю. Перспективы развития транспортной инфраструктуры // Транспорт Российской Федерации. — № 5 (78). — 2018. — С. 16–22.
14. Мачерет Д. А., Ледней А. Ю. Экономическое значение комплексной модернизации магистральной транспортной инфраструктуры // Экономика железных дорог. — 2019. — № 1. — С. 31–45.



15. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 19 марта 2019 г. № 466-Р).
16. Доклад генерального директора – председателя правления ОАО «РЖД» О. В. Белозёрова на расширенном итоговом заседании правления ОАО «РЖД» // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 1. – С. 2–10.
17. Мачерет Д. А., Валеев Н. А. Перспективы роста экономической эффективности ОАО «РЖД» // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 4 (83). – С. 13–17.
18. Мачерет Д. А., Ледней А. Ю. Объёмы перевозок – ключевой фактор эффективности развития транспортной инфраструктуры // Экономика железных дорог. – 2019. – № 4. – С. 28–38.
19. Менгер К. Избранные работы. – М.: Издательский дом «Территория будущего», 2005. – 496 с.
20. Экономика железнодорожного транспорта / Под ред. И. В. Белова. – М.: Транспорт, 1989. – 351 с.
21. Соколов Ю. И., Лавров И. М., Аверьянова О. А., Чередников Н. А. Методы анализа индекса качества транспортного обслуживания грузопользователей // Экономика железных дорог. – 2019. – № 4. – С. 19–27.
22. Исследование в сфере оценки потребителями качества услуг на рынке грузоперевозок железнодорожным транспортом. III квартал 2019 г. – СПб.: РЖД-Партнёр, 2019. – 37 с.
23. Мачерет Д. А., Ледней А. Ю. Влияние сезонной неравномерности перевозок на эффективность транспортной инфраструктуры // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 6 (85). – С. 4–9.
24. Мачерет Д. А., Ледней А. Ю. Совершенствование методического инструментария оценки сезонной неравномерности перевозок // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2019. – Т. 78. – № 6. – С. 323–327.
25. Разуваев А. Д. Оценка экономической эффективности строительства и технического перевооружения железнодорожной инфраструктуры с применением инновационных решений // Дис... канд. экон. наук: 08.00.05 / Разуваев Алексей Дмитриевич. – М., 2019. – 148 с.
26. Мачерет Д. А. Производительность – фундаментальная основа экономической эффективности // Экономика железных дорог. – 2010. – № 7. – С. 19–34.
27. Мачерет Д. А. О разработке системы комплексной оценки и повышения производительности использования производственных ресурсов по направлениям (трудовые ресурсы, инфраструктура, подвижной состав, энергоэффективность) // Бюллетень Объединённого учёного совета ОАО «РЖД». – 2010. – № 2. – С. 3–23.
28. Статистика железнодорожного транспорта / Под ред. Т. И. Козлова, А. А. Поликарпова. – М.: Транспорт, 1990–327 с.
29. Мачерет Д. А., Рышков А. В., Валеев Н. А. и др. Управление экономической эффективностью эксплуатационной деятельности железнодорожного транспорта с использованием инновационных подходов. – М.: РИОР, 2018. – 212 с.
30. Мандриков М. Е., Мачерет Д. А. Транспортное обслуживание в условиях рыночной экономики / Железнодорожный транспорт. – 1992. – № 1. – С. 56–59.
31. Мачерет Д. А., Рышков А. В. Стратегическое значение повышения качества доставки грузов // Экономика железных дорог. – 2016. – № 6. – С. 22–29.
32. Соколов Ю. И. Индекс качества – барометр рынка // РЖД-Партнёр. 2014. – Вып. 4 (272). – С. 58–59.
33. Титова В. И. Пути повышения качества грузовых перевозок // Экономика железных дорог. – 2019. – № 12. – С. 59–68.
34. Соколов Ю. И., Лавров И. М. Оценка эластичности спроса на железнодорожные перевозки // Экономика железных дорог. – 2013. – № 8. – С. 34–42.
35. Соколов Ю. И., Лавров И. М. Методы экономической оценки качества транспортного обслуживания грузопользователей в условиях множественности участников перевозочного процесса. – М.: Золотое сечение, 2015. – 168 с.
36. Мачерет Д. А. Методология управления эксплуатацией и развитием параллельных ходов железнодорожной сети на основе маргинальных показателей // Фундаментальные исследования для долгосрочного развития железнодорожного транспорта. Сборник трудов членов и научных партнёров Объединённого учёного совета ОАО «РЖД». – М.: Интекст, 2013. – С. 95–100.
37. Сметова Н. Г., Мачерет Д. А., Кожевников Ю. Н. и др. Издержки и себестоимость железнодорожных перевозок. – М.: ФГБОУ УМЦ ЖДТ, 2015. – 472 с.
38. Самуэльсон П. Э., Нордхаус В. Д. Экономика / Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 1360 с.
39. Черномордик Г. И., Козин Б. С., Козлов И. Т. Об экономически целесообразном уровне загрузки однопутных и двухпутных линий // Транспортное строительство. – 1960. – № 12. – С. 46–50.
40. Козлов В. Е. Пропускная способность железнодорожных линий и надёжность технических средств // Вестник ВНИИЖТ. – 1979. – № 4. – С. 16.
41. Концепция организации тяжеловесного и длинноносоставного движения грузовых поездов на основных направлениях сети железных дорог / Под рук. Л. А. Мугинштейна. – М.: ВНИИЖТ, 2007. – 179 с.
42. Экономика железнодорожного транспорта / Под ред. Е. Д. Ханукова. – М.: Транспорт, 1969. – 424 с.
43. Шульга А. М., Сметова Н. Г. Себестоимость железнодорожных перевозок. – М.: Транспорт, 1985. – 279 с.
44. Кочнев Ф. П., Сотников И. Б. Управление эксплуатационной работой железных дорог. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
45. Мачерет Д. А. Анализ долгосрочной динамики скоростей в грузовом движении // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 5. – С. 66–71.
46. Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. Модель и методика макроэкономической оценки товарной массы, находящейся в процессе перевозки // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2011. – № 2. – С. 3–7.
47. Мачерет Д. А. Методологические проблемы экономических исследований на железнодорожном транспорте // Экономика железных дорог. – 2015. – № 3. – С. 12–26.
48. Фрэнк Р. Дарвиновская экономика: свобода, конкуренция и общее благо / Пер. с англ. – М.: Издательство Института Гайдара, 2013. – 352 с.
49. Мачерет Д. А. Экономика «пробки» // Мир транспорта. – 2014. – Т. 12. – № 3 (52). – С. 64–75.
50. Nakagawa, Sh., Shibata, M., Fukasawa, N. Optimization System of Reserved/Non-reserved Seating Plans for Improving Convenience and Revenue on Intercity Trains. Quarterly Report of the RTRI, 2017, Vol. 58, No. 2, pp. 105–112. ●



Economic Assessment of Seasonal Unevenness in Railway Infrastructure Loading



Dmitry A. MACHERET



Aleksey D. RAZUVAEV



Anastasia Yu. LEDNEY

*Macheret, Dmitry A., Russian University of Transport, Moscow, Russia.
Razuvaev, Aleksey D., Russian University of Transport, Moscow, Russia.
Ledney, Anastasia Yu., Russian University of Transport, Moscow, Russia*.*

ABSTRACT

The article considers the problem of seasonal uneven transportation and its impact on transport infrastructure loading. The objective of the study is to develop scientifically sound recommendations for monitoring seasonal unevenness of transportation and infrastructure loading based on its adequate assessment; conducting economic assessment of the impact of seasonality of transportation on the indicators of current and investment activity of railway transport; making recommendations to further reduce unevenness of transportation, or at least prevent its growth.

The authors solved the following tasks: a reasoned, logically structured sequence of economic assessment of the impact of seasonality of transportation on the indicators of current and investment activities of railway transport was formed, and scientifically based recommendations were proposed to further reduce uneven transportation (to prevent its growth). The following methods were used: logical and analytical tools, methods of statistical analysis, economic-mathematical modelling and technical and economic calculations.

As a result of the study, the authors revealed that seasonal uneven loading of railway infrastructure leads to a decrease in quality of transportation and a deterioration in the market image of

the railway industry, an increase in operating costs and cost of transportation, that is, to a decrease in efficiency and competitiveness of railways. The uneven transportation negatively affects the effectiveness of investments in development of railway transport.

The analysis made it possible to formulate a theoretical model of influence of seasonal unevenness of railway infrastructure loading on efficiency of its use and development. It is advisable to use the methodological toolkit for assessing seasonal unevenness of railway infrastructure loading for its in-depth retrospective analysis, identifying the main factors affecting unevenness indicators and determining the maximum permissible level of seasonal unevenness.

The developed model of influence of seasonal unevenness of loading on use and development of railway infrastructure allows to carry out economic assessment of seasonal unevenness, is a tool to improve planning and management of transportation activities and development of railways. The reduction in seasonal unevenness of transportation should be considered as a factor increasing the economic efficiency of not only the current, but also investment activity of the railway transport, while its growth should be considered as a specific type of risk for effectiveness of implementation of railway infrastructure development projects.

Keywords: transport, seasonal unevenness of infrastructure loading, railway infrastructure, normalized work, operating costs, transportation costs, economic efficiency.

*Information about the authors:

Macheret, Dmitry A. – D.Sc. (Economics), Professor, Head of the Department of Transport Infrastructure Economy and Construction Business Management of Russian University of Transport, Moscow, Russia, macheretda@rambler.ru.

Razuvaev, Aleksey D. – Ph.D. (Economics), Associate Professor the Department of Transport Infrastructure Economy and Construction Business Management of Russian University of Transport, Moscow, Russia, razuvaevalex@yandex.ru.

Ledney, Anastasia Yu. – Ph.D. student at the Department of Transport Infrastructure Economy and Construction Business Management of Russian University of Transport, Moscow, Russia, trinitinoks@mail.ru.

Article received 20.12.2019, accepted 03.03.2020.

For the original Russian text of the article please see p. 94.

Background. The negative impact of unevenness of transportation on operational and economic indicators of railways has been noted by researchers since 19th century to the present [1–3]. The fundamental nature of this problem was disclosed in [4]. Moreover, seasonal unevenness (seasonality) of transportation is especially significant [5, p. 5], seasonality meaning «unevenness of transportation by quarters of the year and months» [6, p. 240].

Academician T. S. Khachaturov noted the negative impact of unevenness of transportation on both investment and operating costs of railways. The first is due to the fact that «it is necessary to provide... a reserve of technical equipment of transport due to unevenness of transportation, which accordingly increases the required investment» [6, p. 239]. The second is due to the fact that «during periods of maximum transportation difficulties arise with movement of trains, which causes a slowdown in movement of goods. All this results in increase in the cost of transportation» [6, pp. 239–240]. To this fair assessment, it should be added that slowdown in movement of goods entails significant macroeconomic losses associated with «freezing» of working capital embodied in the goods transported during the period of their transportation [7; 8, p. 92].

And the losses associated with slowdown in delivery of goods and increase in the cost of transportation [9] become especially significant in conditions of high and ultra-high filling of railway capacity («overload», in modern economic terminology [10]). Namely, such a situation exists in a number of key areas of the Russian railway network [11, p. 14]. Its overcoming requires development of railway infrastructure. The Comprehensive plan for modernization and expansion of the main infrastructure provides for large-scale tasks covering all types of transport, including railway, and aimed both at solving existing infrastructure problems and opening up opportunities for development of new points of economic growth [12; 13].

The analysis of the Comprehensive plan shows that it requires significant investment from not only the federal budget, but also from the regions (many of which undergo financial problems), as well as from business entities [14, pp. 32–36]. In particular, the Long-Term Development Program (LDP) of JSC Russian

Railways until 2025, linked in terms of railway infrastructure projects with the Comprehensive plan, provides for a significant increase in investment. In accordance with the basic scenario of LDP, in 2019–2025 the average annual investment should amount to about 670 billion rubles, and according to the optimistic scenario, to about 830 billion rubles [15]. It is important that acceleration of investment in development of Russian railways has already begun. If in 2018 the volume of investments of JSC Russian Railways amounted to about 550 billion rubles, then in 2019 it was about 690 billion [16, p. 9]. At the same time, the possibility of such an intensification of the investment activity of the company and the overall success of implementation of LDP will depend on many factors, including environmental factors, and will entail significant risks, some of which have already appeared at the start of the program, in 2019 [17, p. 16].

The Comprehensive plan provides for implementation of the largest infrastructure projects. And for business development, and in the interests of ensuring mobility of the country's population, they «should be supplemented by grassroots activation of development of transport infrastructure that would solve the problems of the «last mile», local transportation, etc.» [18, p. 35]. For such projects, additional investments are needed, including private ones, the attraction of which requires appropriate institutional conditions.

Given that investment resources are always limited (this is common to any economic good [19, pp. 103–108]), an important task is to increase the efficiency of using the existing transport infrastructure. This allows to postpone investment, which gives the corresponding effect [20, p. 57].

Reducing seasonal unevenness of transportation is an important factor in ensuring for the economy and the population such a key economic good as modern transport infrastructure.

In 2016–2018, cargo turnover on railway transport increased by 10,8 %, with a decrease in its seasonal unevenness, estimated as the ratio of the maximum monthly value of the average daily cargo turnover during the year to the average daily cargo turnover for the year, from 105,6 to 103,3 %. It is obvious that in conditions of incomplete satisfaction of

demand for loading resources during periods of «peak» demand, noted by shippers [21, p. 26; 22, p. 36], the problem of leaving trains without traffic («abandoned trains») persisting on the network, without reducing the level of seasonal unevenness of transportation, the actual dynamics of cargo turnover could not have been ensured. Based on the foregoing, it seems necessary:

- firstly, to monitor seasonal variations in transportation and loading of infrastructure based on its adequate assessment;
- secondly, to carry out economic assessment of the impact of seasonality of transportation on the indicators of the current and investment activity of the railway transport;
- thirdly, to develop recommendations to further reduce unevenness of transportation or, at least, prevent its growth.

The objective of this article is to develop scientifically sound recommendations for solving these problems. In this case, the logical and analytical method, methods of statistical analysis, economic and mathematical modelling and technical and economic calculations are used.

Assessing seasonal unevenness of infrastructure loading

In the works [23; 24] an improved methodological toolkit for assessing the seasonal unevenness of cargo and passenger transportation is provided. Two main differences from the traditional approach should be distinguished:

- for each period under consideration (month or quarter), daily average rather than aggregate values of indicators characterizing transportation volumes are used;
- seasonal unevenness of cargo transportation is assessed not by the «transported goods» indicator, but by two indicators: «cargo loading» and «cargo turnover». This allows to significantly clarify the characteristics of unevenness of transportation, as clearly shown in [24, p. 325].

It is advisable to assess the unevenness of transportation for each type of transportation (cargo and passenger), using appropriate indicators for this, as presented in [23, p. 5]. At the same time, in the conditions of combined movement of cargo and passenger trains, characteristic of domestic railways [25, p. 84], to characterize the load on the infrastructure,

it is advisable to use the relevant integral indicator. The total gross cargo turnover covering passenger and cargo traffic [26] or the cited work [27] can serve as such an indicator. Given that the gross cargo turnover is an exclusively expenditure-forming indicator, and the indicator «normalized work» is used to assess the normalized transport production, productivity of the most important resources such as labour and infrastructure [27], it seems appropriate to assess the seasonal uneven loading of the railway infrastructure using this indicator. The reduced work (production) of railway transport is defined as the sum of cargo and passenger turnover [28, p. 121], while passenger turnover is doubled to determine labour productivity [28, p. 199]. It also substantiates the introduction of a special multiplying factor for container cargo turnover based on the higher cost and salary intensity of their transportation. As indicated in [29, pp. 45–46], the most accurately cited work for assessing infrastructure performance could be estimated using specially calculated normalization factors for cargo turnover and passenger turnover carried out by each category of trains having a coefficient of capacity load different from other categories. However, such an assessment is rather complicated, therefore, it is noted that it is possible to determine the given work for assessing the infrastructure productivity by the formula [29, p. 46]:

$$PL_{tar} = PL_{tar} + K_{norm} \cdot HL, \quad (1)$$

where PL_{tar} – tariff cargo turnover;

HL – passenger turnover;

K_{norm} – normalization factor.

The normalization factor can be assessed in various ways, it is important to note that in any case it will be more than one. In this study, the value $K_{norm} = 2$ is taken, as for assessment of labour productivity.

It is proposed to assess the seasonal unevenness of infrastructure loading using the following indicators (unevenness coefficients):

$$K_{unev}^1 = \frac{\overline{PL}_{norm}^{max}}{\overline{PL}_{norm}^{year}}, \quad (2)$$

$$K_{unev}^2 = \frac{\overline{PL}_{norm}^{max}}{\overline{PL}_{norm}^{min}}, \quad (3)$$

$$K_{unev}^3 = \frac{\overline{PL}_{norm}^i}{\overline{PL}_{norm}^{year}}, \quad (4)$$

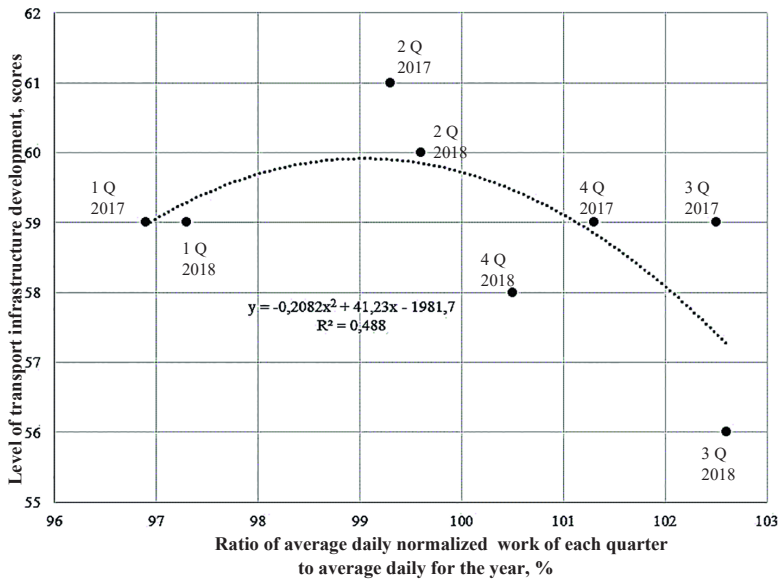
where $\overline{PL}_{norm}^{max}$, $\overline{PL}_{norm}^{min}$ – respectively, the maximum and minimum quarterly (monthly)



Table 1

Seasonal unevenness of loading of the railway infrastructure, %

Year	K_{unev}^1	K_{unev}^2	K_{unev}^3			
			I quarter	II quarter	III quarter	IV quarter
2017	102,5	105,7	96,9	99,3	102,5	101,3
2018	102,6	105,5	97,3	99,6	102,6	100,5



Pic. 1. Dependence of the assessment by shippers of the level of railway infrastructure development on the level of its loading.

value of the average daily normalized work during the year;

$\overline{PL}_{norm}^{year}$ – average daily normalized work for the year;

\overline{PL}_{norm}^i – average daily normalized work for the particular quarter (month).

The indicated indicators, which can be expressed as coefficients or as a percentage, are not alternative, but complementary. Together, they make it possible to comprehensively assess the seasonal uneven loading of the railway infrastructure.

The coefficient K_{unev}^1 characterizes the excess of infrastructure loading in the «peak» season over the average annual level. Its importance is determined by the fact that the capacity and carrying capacity of railways should allow to realize not only medium, but also maximum loads without loss of rhythm and stability of work. This is necessary to ensure the economic efficiency of their functioning. However, the ratio of loading of infrastructure in the «peak» season and the low demand season, which is

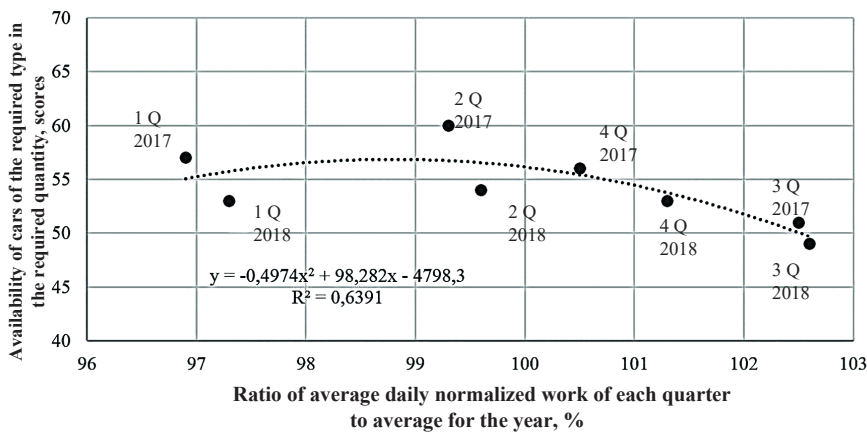
demonstrated by the coefficient K_{unev}^2 , is also important. Together, these coefficients give an annual characteristic of uneven railway infrastructure loading. But such a characteristic is not exhaustive. From an economic point of view, it is important (as will be shown below) to assess the loading level in each season, in comparison with the average annual rate using the coefficient K_{unev}^3 .

The characteristics of the seasonal (quarterly) uneven loading of the infrastructure of the Russian railways are shown in Table 1. As can be seen from the table, they are not subject to sudden changes.

An important theoretical and applied value belongs to identification of influence of seasonal uneven loading of railway infrastructure on economic performance of the industry.

Influence of seasonality of infrastructure loading on economic indicators of railway transport

Efficiency and competitiveness of railway transport, both current and long-term,



Pic. 2. Dependence of assessment by shippers of availability of wagons of the required type in the required quantity on the level of infrastructure loading.

significantly depend on the level of quality of services provided to users [30; 31]. At the same time, not only transportation quality indicators objectively measured by industry statistics are important, but also *subjective* assessments of quality of services provided by the users themselves [32, p. 58; 29, pp. 147–148]. The use of such estimates to characterize quality of transport services not only reflects the principle of customer focus, but also corresponds to the fundamental principles of economic theory [33, p. 63]. After all, it is on the basis of their own subjective assessments that users decide on how to organize transportation (what modes of transport, which logistics scheme to use), and whether to carry out transportation at all. Using generalized assessments of cargo owners in the form of «Quality Index» made it possible to establish that the sensitivity of demand for cargo transportation to the quality level is almost twice as high as to the cargo charge level [34, pp. 40–41; 35, pp. 135–139].

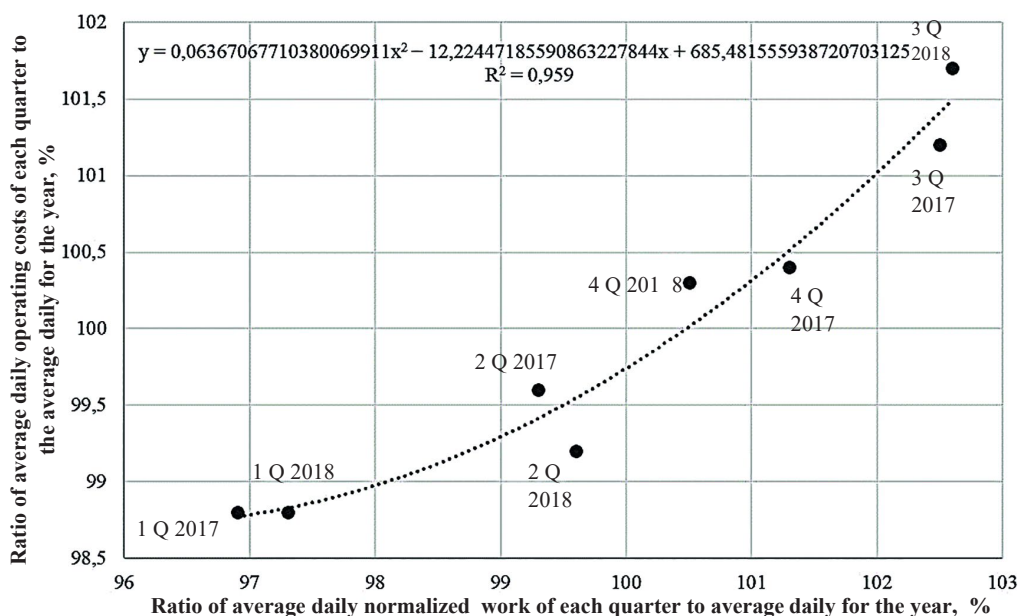
Based on the foregoing, it is of interest to study the dependence of scores of cargo owners on quality indicators of transport services, which are components of a generalized Quality Index, on the level of railway infrastructure loading. When the infrastructure loading is more than 100 % of the average annual level, there is a tendency for shippers to reduce scores while assessing the level of development of transport infrastructure (Pic. 1). In other words, during periods of «peak» loading of infrastructure, its development is perceived by shippers as relatively worse than during periods of loading below the average level.

Interestingly, a much stronger correlation exists between shippers' assessment of availability of wagons of the required type in the required quantity and the level of infrastructure loading (Pic. 2). During periods of «peak» loading, these estimates are reduced, which is associated both with emergence of a shortage of wagons and increasing demand, and with difficulties in sending empty cars to loading sites due to the high and ultra-high filling of transit capacity at many sections of the railway network.

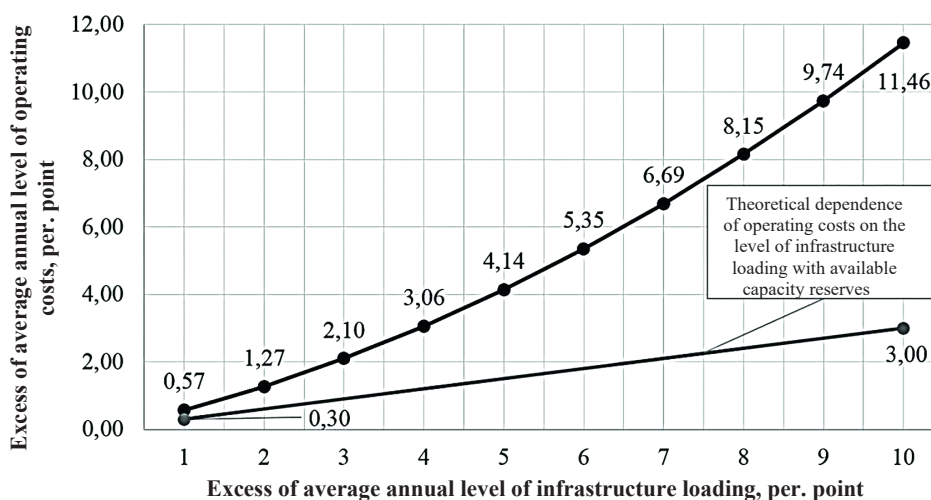
The analysis of dependence of the key economic indicator of railways (transportation costs or operating costs) on unevenness of infrastructure loading is of great importance. To carry out the corresponding assessment, the operating costs of different quarters were normalized to a comparable form by excluding from costs of I and IV («winter») quarters of additional costs associated with performance of operational work in the winter period (for fuel, snowfighting, etc.), and from costs of IV quarter of additional costs associated with the end of the year (payments on accounts, etc.). After these adjustments to the quarterly data, the average daily costs for each year and quarters were calculated, and the ratios of the average daily costs of each quarter to the corresponding average annual values were determined.

The assessment shows the non-linear nature of the dependence of operating costs on the level of railway infrastructure loading (Pic. 3). Such a result is empirical confirmation of the theoretical positions expressed in a number of works on the economics of transport [9, p. 87;





Pic. 3. Dependence of operating costs on unevenness of infrastructure loading.



Pic. 4. The increase in operating costs during infrastructure overloading.

36, pp. 96–97; 37, pp. 367–368] and consistent with the fundamental principles of economic theory, according to which, with an increase in production under the conditions of an unchanged amount of fixed capital, from a certain moment, the law of diminishing returns comes into effect [38, pp. 271–273]. As a result, marginal costs increase, and the growth of total costs becomes non-linear and accelerates.

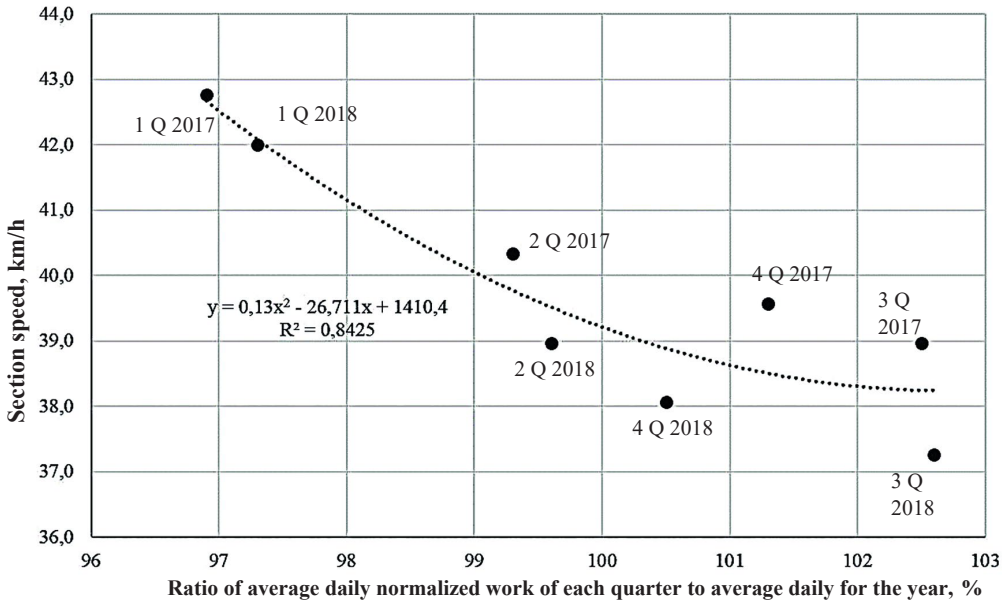
It is noteworthy that under the conditions under consideration, even before reaching the average annual level of railway infrastructure loading, growth of costs accelerates (Pic. 3).

This indicates that even with an average annual load, domestic railways are overloaded, i.e. operate in an economically suboptimal mode. With a significant excess of the average annual loading level, the growth of costs significantly exceeds the values observed with availability of transit capacity reserves and becomes faster than the growth in infrastructure loading (Pic. 4). The widening of the gap between the graphs of nonlinear growth in operating costs during infrastructure reloading and the theoretical graph in the absence of such is rather indicative.

Table 2

Dynamics of section and technical speeds of cargo trains and change in coefficient of section speed by quarter for 2017–2018

Indicator	2017				2018			
	I Q	II Q	III Q	IV Q	I Q	II Q	III Q	IV Q
Section speed	42,8	40,3	39,0	39,6	42,0	39,0	37,3	38,1
Technical speed	48,5	47,0	46,1	46,4	48,4	46,5	45,7	46,2
Coefficient of section speed	0,881	0,858	0,845	0,852	0,868	0,839	0,815	0,824



Pic. 5. Dependence of section speed of cargo trains on unevenness of infrastructure loading.

One of the main reasons for the nonlinear, accelerating growth in operating costs while increasing infrastructure loading is deterioration in quality of use of rolling stock over time, primarily expressed in decrease in train speeds. In a number of studies carried out in different years, it was found that when the loading of transit capacity of a railway line exceeds 70–80 % of the calculated value, section speed of cargo trains on these lines decreases [39; 40; 41, pp. 1–5], and the cost of transportation, respectively, grows [42, pp. 195–196; 43, pp. 67–68].

The empirical analysis of intra-annual changes in train speeds (Table 2) in comparison with seasonal unevenness of railway infrastructure loading (Table 1) indicates that during periods of higher infrastructure loading, train speeds decrease and their minimum values fall on III quarter, when the level of infrastructure loading is maximum.

The mathematical assessment of dependence of section speed on unevenness of railway infrastructure loading also indicates a decrease in section speed in case of infrastructure overloading (Pic. 5).

The scientific value of the simulation is that the dependence of section speed on the level of infrastructure loading is established not for individual lines, but for the railway network as a whole. As it is known, the cost of transportation and section speed are inversely related [37, pp. 269–276]. This means that with a decrease in section speed, the cost of transportation, and, consequently, the total amount of operating costs, increase.

At the same time, the decrease in section speed is only partially explained by the increase in operating costs, since the analysis shows (Tables 1, 2) that during periods of «peak» loading of the infrastructure not only section speed decreases, but also the section speed coefficient, defined as



the ratio of section speed to technical [44, p. 246]. A decrease in the coefficient of section speed means that the downtime of trains at intermediate stations increases, and this additionally increases operating costs due to the increase in car-hours and locomotive-hours of downtime, as well as total crew hours of locomotive crews [45]. The combination of these factors explains the increase in operating costs, shown in Pic. 4. In addition, these downtimes lead to a slowdown in delivery of goods, which entails losses for product owners and the economy as a whole [46, pp. 6–7], and may also entail recovery of penalties from the carrier for late delivery of goods.

Thus, the seasonal unevenness of loading of the railway infrastructure leads to a decrease in quality of transportation and deterioration in the market image of the railway industry, an increase in operating costs and the cost of transportation, which reduces the efficiency and competitiveness of railways. Accordingly, unevenness of transportation reduces the efficiency of investments in railway transport development. Therefore, the possibility of increasing unevenness of transportation should be considered as a specific type of risk in implementation of both individual investment projects and integrated development programs, such as the Long-Term Development Program of JSC Russian Railways until 2025 [15].

The model of influence of seasonal unevenness of railway infrastructure loading on the efficiency of its use and development

The analysis and assessments made, taking into account the understanding of economic interconnections in the field of operation and development of transport systems, allow using the logical-analytical method [47] to form a theoretical model of influence of seasonal unevenness of loading of railway infrastructure on the efficiency of its use and development. The model is based on the following provisions.

1. The average daily value of normalized work ($\overline{PL}_{norm}^{year}$) of railway transport for the year with its existing structure by type and direction of transportation (S_{ij}) and a given level of tariffs (T) determines the annual income of the industry from transportation (D):

$$D = f(\overline{PL}_{norm}^{year}, S_{ij}, T). \quad (5)$$

In this study, we abstract from changes in traffic patterns and tariff levels in order to identify the effects of seasonal variation. Then expression (5) can be written as:

$$D = f(\overline{PL}_{norm}^{year}). \quad (6)$$

2. The maximum average daily normalized work of the intra-annual period (a quarter or a month) $\overline{PL}_{norm}^{max}$ determines both the required capital investments (K) in creating the transit and carrying capacity for realization of the corresponding transportation volume, and not only operating costs depending on transportation volume (variables) of the corresponding period, but also the annual conditionally-constant costs ($E_{c-const}$) associated primarily with infrastructure maintenance:

$$K = f(\overline{PL}_{norm}^{max}), \quad (7)$$

$$E_{c-const}^{year} = f(\overline{PL}_{norm}^{max}). \quad (8)$$

At the same time, the dependent (variable) operating costs during periods of «peak» volumes are determined not only by these volumes themselves, but also by deterioration of quality indicators of the transportation process, in particular, a decrease in motion speeds (ΔV):

$$E_{dep}^{max} = f(\overline{PL}_{norm}^{max}, \Delta V). \quad (9)$$

3. The effectiveness of the use of transport infrastructure (E_{infr}^u) depends on the ratio of revenues from transportation carried out using this infrastructure, and the corresponding operating costs, both dependent and independent of the volume of transportation (conditionally constant):

$$E_{infr}^u = f(D, E_{c-const}, E_{dep}). \quad (10).$$

Taking into account the dependencies (5–9), with the prevailing transportation structure and a given tariff level:

$$E_{infr}^u = f(\overline{PL}_{norm}^{year}, \overline{PL}_{norm}^{max}). \quad (11)$$

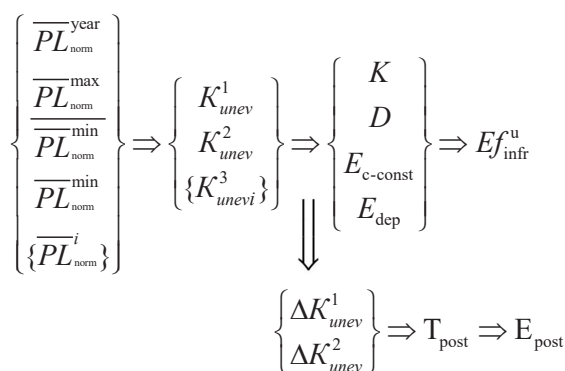
In turn, the average daily value of normalized work of railway transport for the year ($\overline{PL}_{norm}^{year}$) depends both on its level during the periods of maximum and minimum transportation and the ratio between them, and on the general distribution of transportation by period of the year, i.e. on the parameters $K_{unev}^1, K_{unev}^2, \{K_{unev}^3\}$.

This implies the existence of the dependence:

$$E_{infr}^u = f(K_{unev}^1, K_{unev}^2, \{K_{unev}^3\}). \quad (12).$$

4. When approaching the maximum level of railway infrastructure loading to the curve of production capabilities (CPC¹), the law of

¹ CPC of the railway line shows what number of trains of different types (passenger, cargo) can be processed on this line per a certain time interval [37, p. 365].



Pic. 6. Scheme of assessment of seasonal unevenness of railway infrastructure loading on the efficiency of its use and development.

diminishing returns comes into force and there is a need for reconstruction activities [37, p. 366], requiring appropriate capital expenses (K_{rec}).

The capital expenses for reconstruction of the railway infrastructure should be paid off due to the income from transportation and other effects associated with the increase, due to reconstruction, in the volume of transportation (normalized work).

In a situation where there is a seasonal unevenness of infrastructure loading, i.e. coefficients K_{unev}^1 , K_{unev}^2 , K_{unev}^3 , are not equal to unity, an alternative to reconstruction is to reduce unevenness of transportation, with a reduction in values of K_{unev}^1 , K_{unev}^2 , K_{unev}^3 . At the same time, it becomes possible to postpone capital expenses for reconstruction by making them in subsequent years. The effect of postponement of expenses (E_{post}) for a given value of future costs for reconstruction of railway infrastructure that are being postponed for the future depends on time of postponement of costs (T_{post}), and the larger is it, the higher is the effect:

$$E_{post} = f(T_{post}). \quad (13)$$

The essence of the effect of postponement of capital costs is due to the fact that during the period of postponement they will give effect with any alternative options of use. If the source of the corresponding investments is linked with borrowed funds, interest payments will be reduced.

In turn, time of postponement of expenses depends on reducing unevenness of infrastructure loading:

$$\dot{O}_{post} = f(\Delta K_{unev}^1, \Delta K_{unev}^2). \quad (14)$$

Hence:

$$E_{post} = f(\Delta K_{unev}^1, \Delta K_{unev}^2). \quad (15)$$

Thus, based on the logical analysis, the influence of seasonal unevenness of loading of railway infrastructure on the efficiency of its use and development is shown. In a generalized form, the described model is presented in Pic. 6.

Conclusion. It is advisable to use the methodological toolkit for assessing seasonal unevenness of railway infrastructure loading for its in-depth retrospective analysis, identifying the main factors affecting the unevenness indicators and determining the minimum achievable (maximum permissible) level of seasonal unevenness. This will allow forecasting seasonal unevenness for the future and developing measures to reduce it (to prevent exceeding the limit level). Measures to reduce unevenness of transportation can be based on tariff measures based on changes in cargo charges depending on the level of infrastructure loading [10, pp. 164–165; 48, p. 191; 49, pp. 69–70], and, in addition to them, on organization and technological measures, including those based on the use of big data analysis and computer modelling [50].

Current monitoring of seasonal unevenness of transportation, with assessment of effectiveness of the developed measures to reduce it and their further adjustment, should also be carried out using this methodological toolkit.

The influence of unevenness of loading of the railway infrastructure on assessment of quality of transportation services by shippers, the quality indicators of operational activity and operating costs of the railway transport, the developed model of influence of seasonal unevenness of loading on the efficiency of use and development of railway infrastructure



revealed during the study make it possible to carry out economic assessment of seasonal unevenness on the results of current and investment activities of railway transport, and, thus, are tools to improve planning and management of transportation activities and development of railways.

At the same time, reduction in seasonal unevenness of transportation should be considered as a factor increasing the economic efficiency of not only the current, but also investment activity of railway transport, while its growth could be regarded as a specific type of risk for effectiveness of implementation of projects for railway infrastructure development.

REFERENCES

- Galitsinsky, F. A. The capacity of railways and confusion in traffic [*Propusknaya sposobnost' zheleznykh dorog i zameshatelstva v dvizhenii*]. St. Petersburg, 1899, 249 p.
- Operation of railways. General information [*Ekspluatatsiya zheleznykh dorog/Obshchie svedeniya*]. Summary of lectures by Professor Myasoedov-Ivanov. Institute of Railway Engineers of Alexander I. St. Petersburg, Printing House of Yu. N. Erlikh, 1910, 158 p.
- Sotnikov, E. A., Shenfeld, K. P. Unevenness of cargo transportation in modern conditions and its impact on the required capacity of sections [*Neravnomernost' gruzovykh perevozk v sovremennykh usloviyakh i ee vliyaniye na potrebnuyu propusknyuyu sposobnost' uchastkov*]. *Vestnik VNIIZhT*, 2011, Iss. 5, pp. 3–9.
- Macheret, D. A. Fundamental production and economic problems and their features in railway transport [*Fundamentalnie proizvodstvenno-ekonomicheskie problemy i ikh osobennosti na zheleznodorozhnom transporte*]. *Zheleznodorozhniy transport*, 2002, Iss. 5, pp. 59–61.
- Ugryumov, A. K. Unevenness of train traffic [*Neravnomernost' dvizheniya poezdov*]. Moscow, Transport publ., 1968, 112 p.
- Khachaturov, T. S. Economics of transport [*Ekonomika transporta*]. Moscow, Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1959, 588 p.
- Lapidus, B. M., Macheret, D. A. Model and methodology of macroeconomic assessment of the mass of goods in the process of transportation [*Model' i metodika makroekonomicheskoi otsenki tovarnoi massy, nakhodyashcheisya v protsesse perevozki*]. *Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta*, 2011, Iss. 2, pp. 3–7.
- Lapidus, B. M., Macheret, D. A. Improving speed efficiency of transportation based on the continuous movement of goods and passengers [*Povyshenie skorostnoi effektivnosti transportnogo soobshcheniya na osnove nepreryvnogo peremeshcheniya tovarov i passazhirov*]. *Fundamental research for long-term development of railway transport. Collection of scientific works of members and scientific partners of Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*. Moscow, Intekst publ., 2013, pp. 85–94.
- Macheret, D. A., Valeev, N. A. Scientific tools for predictive management of railway transport efficiency [*Nauchniy instrumentariy prediktivnogo upravleniya effektivnos'tyu zheleznodorozhnogo transporta*]. *Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta*, 2018, Vol. 77, Iss. 2, pp. 84–91.
- Walters, A. A. Excessive congestion [*Chrezmernoe potreblenie (neregruzka)*]. In: *Economic theory*. Ed. by J. Eatwell, M. Milgate, P. Newman. Transl. from English. Moscow, Infra-M publ., 2004, pp. 157–166.
- Ryshkov, A. V., Postnikov, S. B. JSC Russian Railways – needs for changes in an era of change [*OAO RZD – potrebnosti v izmeniyakh v epokhu peremen*]. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2020, Iss. 1, pp. 11–29.
- Government order dated September 30, 2018 No. 2101-r. On approval of the Comprehensive Plan for modernization and expansion of the main infrastructure for the period until 2024 [*Rasporyazhenie Pravitelstva ot 30 sentyabrya 2018 No. 2101-r / Ob utverzhdenii Kompleksnogo plana modernizatsii i rasshireniya magistralnoi infrastruktury na period do 2024 goda*]. [Electronic resource]: <http://static.government.ru/media/files/MUNhgWFddP3UfF9RJASDW9VxP8zwcB4Y.pdf>. Last accessed 11.10.2018.
- Macheret, D. A., Ledney, A. Yu. Prospects for development of transport infrastructure [*Perspektivy razvitiya transportnoi infrastruktury*]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, Iss. 5 (78), 2018, pp. 16–22.
- Macheret, D. A., Ledney, A. Yu. Economic significance of comprehensive modernization of the main transport infrastructure [*Ekonomicheskoe znachenie kompleksnoi modernizatsii magistralnoi transportnoi infrastruktury*]. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2019, Iss. 1, pp. 31–45.
- The long-term development program of JSC Russian Railways until 2025 (approved by Decree of the Government of the Russian Federation of March 19, 2019 No. 466-R) [*Dolgosrochnaya programma razvitiya OAO RZD do 2025 goda (utverzhdena rasporyazheniem Pravitelstva RF ot 19 marta 2019 No. 466-R)*].
- Report of the General Director – Chairman of the Management Board of JSC Russian Railways O. V. Belozherov at the expanded final meeting of the Management Board of JSC Russian Railways [*Doklad generalnogo direktora – predsedatelya pravleniya OAO RZD O. V. Belozherova na rasshirennom itogovom zasedanii pravleniya OAO RZD*]. *Zheleznodorozhniy transport*, 2020, Iss. 1, pp. 2–10.
- Macheret, D. A., Valeev, N. A. Prospects for the growth of economic efficiency of JSC Russian Railways [*Perspektivy rosta ekonomicheskoi effektivnosti OAO RZD*]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2019, Iss. 4 (83), pp. 13–17.
- Macheret, D. A., Ledney, A. Yu. Volume of transportation – a key factor in the effectiveness of transport infrastructure development [*Ob'emy perevozk – klyuchevoy faktor effektivnosti razvitiya transportnoi infrastruktury*]. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2019, Iss. 4, pp. 28–38.
- Menger, C. Selected works [*Izbrannie raboty*]. Moscow, Publishing House «Territory of the Future», 2005, 496 p.
- Economics of railway transport [*Ekonomika zheleznodorozhnogo transporta*]. Ed. by I. V. Belov. Moscow, Transport publ., 1989, 351 p.
- Sokolov, Yu. I., Lavrov, I. M., Averyanova, O. A., Cherednikov, N. A. Methods of analysis of quality index of transport services for cargo owners [*Metody analiza indeksa kachestva transportnogo obsluzhivaniya gruzovladeltsev*]. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2019, Iss. 4, pp. 19–27.
- The study in the field of consumer evaluation of quality of services in railway cargo transportation market [*Issledovanie v sfere otsenki potrebitelyami kachestva uslug na*

rynke gruzoperevozk zheleznodorozhnym transportom]. 3rd quarter 2019. St. Petersburg, RZD-Partner, 2019, 37 p.

23. Macheret, D. A., Ledney, A. Yu. Impact of seasonal unevenness of transportation on the efficiency of transport infrastructure [Vliyaniye sezonnoi neravnomernosti perevozk na effektivnost' transportnoi infrastruktury]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2019, Iss. 6 (85), pp. 4–9.

24. Macheret, D. A., Ledney, A. Yu. Improvement of the methodological tools for assessing seasonal unevenness of transportation [Sovershenstvovanie metodicheskogo instrumentariya otsenki sezonnoi neravnomernosti perevozk]. *Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta*, 2019, Vol. 78, Iss. 6, pp. 323–327.

25. Razuvaev, A. D. Assessment of economic efficiency of construction and technical re-equipment of railway infrastructure using innovative solutions. Ph.D. (Economics) thesis: 08.00.05 [Otsenka ekonomicheskoi effektivnosti stroitelstva i tekhnicheskogo perevoorzheniya zheleznodorozhnoi infrastruktury s primeneniem innovatsionnykh reshenii. Dis... kand. ekon. nauk: 08.00.05]. Razuvaev Aleksey Dmitrievich. Moscow, 2019, 148 p.

26. Macheret, D. A. Productivity – fundamental basis of economic efficiency [Proizvoditelnost' – fundamentalnaya osnova ekonomicheskoi effektivnosti]. *Ekonomika zheleznnykh dorog*, 2010, Iss. 7, pp. 19–34.

27. Macheret, D. A. On development of a system for integrated assessment and increase in productivity of the use of production resources by areas (labour resources, infrastructure, rolling stock, energy efficiency) [O razrabotke sistemy kompleksnoi otsenki i povysheniya proizvoditel'nosti ispolzovaniya proizvodstvennykh resursov po napravleniyam (trudovie resursy, infrastruktura, podvizhnoy sostav, energoeffektivnost')]. Bulletin of Joint Scientific Council of JSC Russian Railways, 2010, Iss. 2, pp. 3–23.

28. Railway transport statistics [Statistika zheleznodorozhnogo transporta]. Ed. by T. I. Kozlov, A. A. Polikarpov. Moscow, Transport publ., 1990, 327 p.

29. Macheret, D. A., Ryshkov, A. V., Valeev, N. A. [et al]. Management of economic efficiency of operation activities of railway transport with the use of innovation approaches [Upravleniye ekonomicheskoi effektivnostyu ekspluatatsionnoi deyatelnosti zheleznodorozhnogo transporta s ispolzovaniem innovatsionnykh podkhodov]. Moscow, RIOR publ., 2018, 212 p.

30. Mandrikov, M. E., Macheret, D. A. Transport service in market economy [Transportnoe obsluzhivaniye v usloviyakh rynochnoi ekonomiki]. *Zheleznodorozhnyi transport*, 1992, Iss. 1, pp. 56–59.

31. Macheret, D. A., Ryshkov, A. V. Strategic significance of improvement of quality of cargo delivery [Strategicheskoe znecheniye povysheniya kachestva dostavki gruzov]. *Ekonomika zheleznnykh dorog*, 2016, Iss. 6, pp. 22–29.

32. Sokolov, Yu. I. Quality index as market barometer [Indeks kachestva – barometr rynka]. *RZD-Partner*, 2014, Iss. 4 (272), pp. 58–59.

33. Titova, V. I. Ways to improve quality of cargo transportation [Puti povysheniya kachestva gruzovykh perevozk]. *Ekonomika zheleznnykh dorog*, 2019, Iss. 12, pp. 59–68.

34. Sokolov, Yu. I., Lavrov, I. M. Assessment of elasticity of demand for railway transportation [Otsenka elastichnosti sprosna na zheleznodorozhnie perevozki]. *Ekonomika zheleznnykh dorog*, 2013, Iss. 8, pp. 34–42.

35. Sokolov, Yu. I., Lavrov, I. M. Methods of economic assessment of quality of transport service of shippers under the conditions of multiplicity participants in transportation process [Metody ekonomicheskoi otsenki kachestva transportnogo obsluzhivaniya gruzovladatel'sev v usloviyakh

mnozhestvennosti uchastnikov perevozochnogo protsessa]. Moscow, Zolotoe secheniye publ., 2015, 168 p.

36. Macheret, D. A. Methodology of management of operation and development of parallel lines of the railway network based on marginal indicators [Metodologiya upravleniya ekspluatatsiei i razvitiem paralelnykh khodov zheleznodorozhnoi seti na osnove marzhinalnykh pokazatelei]. *Fundamental research for long-term development of railway transport. Collection of scientific works of members and scientific partners of Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*. Moscow, Intekst publ., 2013, pp. 95–100.

37. Smekhova, N. G., Macheret, D. A., Kozhevnikov, Yu. N. [et al]. Costs and prime cost of railway transportation [Izderzhki i sebestoimost' zheleznodorozhnykh perevozk]. Moscow, FSBEI EMC RT, 2015, 472 p.

38. Samuelson, P. A., Nordhaus, W. D. Economics. Transl. from English. Moscow, LLC Publishing house Williams, 2010, 1360 p.

39. Chernomordik, G. I., Kozin, B. S., Kozlov, I. T. On economically feasible level of loading of single-track and double-track lines [Ob ekonomicheskii tselesoobraznom urovne zagruzki odnopushtnykh i dvukhpustnykh liniy]. *Transportnoe stroitel'stvo*, 1960, Iss. 12, pp. 46–50.

40. Kozlov, V. E. Carrying capacity of railway lines and reliability of technical means [Propusknaya sposobnost' zheleznodorozhnykh liniy i nadezhnost' tekhnicheskikh sredstv]. *Vestnik VNIIZhT*, 1979, Iss. 4, p. 16.

41. Concept of organization of heavy- and long-train movement of cargo trains on the main directions of the railway network [Kontseptsiya organizatsii tyazhelovesnogo i dlinnosostavnogo dvizheniya gruzovykh poezdov na osnovnykh napravleniyakh seti zheleznnykh dorog]. Ed. by L. A. Muginshtein. Moscow, VNIIZhT publ., 2007, 179 p.

42. Economics of railway transport [Ekonomika zheleznodorozhnogo transporta]. Ed. by E. D. Khanukov. Moscow, Transport publ., 1969, 424 p.

43. Shulga, A. M., Cost of railway transportation [Sebestoimost' zheleznodorozhnykh perevozk]. Moscow, Transport publ., 1985, 279 p.

44. Kochnev, F. P., Sotnikov, I. B. Management of operational work of railways [Upravleniye ekspluatatsionnoi rabotoi zheleznnykh dorog]. Moscow, Transport publ., 1990, 424 p.

45. Macheret, D. A. Analysis of long-term dynamics of speeds in cargo movement [Analiz dolgosrochnoi dinamiki skorosti v gruzovom dvizhenii]. *Zheleznodorozhnyi transport*, 2012, Iss. 5, pp. 66–71.

46. Lapidus, B. M., Macheret, D. A. Model and method of macroeconomic assessment of goods, being transported [Model' i metodika otsenki tovarnoi massy, nakhodyashcheysya v protsesse perevozki]. *Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta*, 2011, Iss. 2, pp. 3–7.

47. Macheret, D. A. Methodological problems of economic studies on railway transport [Metodologicheskie problem ekonomicheskikh issledovaniy na zheleznodorozhnom transporte]. *Ekonomika zheleznnykh dorog*, 2015, Iss. 3, pp. 12–26.

48. Frank, R. The Darwin Economy, Liberty, Competition and the Common Good. Transl. from English. Moscow, Publishing House of Gaydar Institute, 2013, 352 p.

49. Macheret, D. A. Economy of bottlenecks. *World of Transport and Transportation*, 2014, Vol. 12, Iss. 3 (52), pp. 64–75.

50. Nakagawa, Sh., Shibata, M., Fukasawa, N. Optimization System of Reserved/Non-reserved Seating Plans for Improving Convenience and Revenue on Inter-city Trains. *Quarterly Report of the RTRI*, 2017, Vol. 58, No. 2, pp. 105–112.

