



# Ретроспективный анализ эффективности эксплуатационной работы железных дорог в грузовом движении



Дмитрий МАЧЕРЕТ  
Dmitry A. MACHERET

Анастасия КУДРЯВЦЕВА  
Anastasia V. KUDRYAVTSEVA



*Мачерет Дмитрий Александрович – доктор экономических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), первый заместитель председателя Объединённого учёного совета ОАО «РЖД», Москва, Россия.*  
*Кудрявцева Анастасия Валерьевна – кандидат экономических наук, научный сотрудник Объединённого учёного совета ОАО «РЖД», Москва, Россия.*

## Retrospective Analysis of Efficiency of Railway Freight Operations

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 110)

**Проведён подробный анализ эффективности эксплуатационной работы в условиях реформирования экономики страны и железных дорог (1992–2017 гг.).**

**Отмечена необходимость существенного роста эффективности на базе реализации технологически и экономически обоснованных инновационных решений в долгосрочной перспективе до 2030 года. Отмечено, что грузовые перевозки являются главным доходобразующим бизнесом отрасли, и вместе с тем на их долю падает и большая часть эксплуатационных расходов железнодорожного транспорта, поэтому уровень организации работы в грузовом движении имеет важнейшее значение для экономически эффективной, устойчивой деятельности железных дорог. Сделан вывод, что для дальнейшего повышения эффективности их эксплуатационной деятельности требуется активизация и радикализация инноваций в рамках общего инновационно-ориентированного развития отрасли.**

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, инновационно-ориентированное развитие, эффективность эксплуатационной работы, вес поезда, участковая скорость, техническая скорость, производительность поезда, коэффициент полезного использования поездной работы.

Основной вид деятельности российских железных дорог – перевозки грузов. Грузооборот составляет свыше 90 % общего объёма приведённой работы, причём его доля характеризуется долгосрочной тенденцией к росту [1]. Соответственно грузовые перевозки являются главным доходобразующим бизнесом отрасли, а на их осуществление идёт большая часть эксплуатационных расходов железнодорожного транспорта.

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Основой организации эксплуатационной работы является технология движения поездов. При этом экономика поезда как интегрированной ресурсной единицы, в которой объединяются в одну систему все основные ресурсы отрасли, – по сути, фокус всей экономики железнодорожного транспорта [2].

Эффективность поездной работы определяется значениями весов и скоростей движения поездов и их соотношениями: коэффициентом скорости<sup>1</sup> и коэффициентом

<sup>1</sup> Коэффициент скорости – отношение участковой скорости движения поездов к технической.

**Долгосрочные изменения показателей качества и эффективности  
эксплуатационной работы в грузовом движении**

Показатель	1913	2017	Темп роста в целом за период, раз	Темп прироста в среднем за год, %
Вес поезда брутто, т	573	4041	7,05	1,90
Вес поезда нетто, т	302	2402	7,95	2,01
Отношение веса поезда нетто к весу поезда брутто («коэффициент веса»)	0,527	0,594	1,13	0,12
Техническая скорость, км/ч	22,0	47	2,14	0,73
Участковая скорость, км/ч	13,6	40,7	2,99	1,06
Отношение участковой скорости к технической («коэффициент скорости»)	0,618	0,866	1,40	0,32
Среднечасовая работа поезда, тыс. т • км брутто	12,6	189,9	15,07	2,64
Среднечасовая производительность поезда, тыс. т • км нетто	4,1	97,8	23,85	3,10
Коэффициент полезного использования поездной работы	0,326	0,515	1,58	0,44

том веса<sup>2</sup> [3]. Вес и скорость движения оказывают мультипликативное влияние на работу и производительность поезда.

Среднечасовая работа грузового поезда, выполняемая за час движения на участке, может быть определена как произведение веса поезда брутто на техническую скорость. Этот показатель оказывает существенное влияние на уровень эксплуатационных расходов [4].

Среднечасовая производительность грузового поезда, определяемая как произведение веса поезда нетто на участковую скорость, может рассматриваться как обобщающий показатель качества организации эксплуатационной работы железнодорожного транспорта в грузовом движении. Этот показатель значительно влияет на доходы отрасли. А отношение среднечасовой производительности поезда к среднечасовой работе, которое называется коэффициентом полезного использования поездной работы, характеризует комплексную эффективность эксплуатационной работы, влияя на соотношение доходов и расходов от грузовых перевозок [5]. Именно это соотношение характеризует экономическую эффективность эксплуатационной деятельности железных дорог [3, 6]. Следовательно, повышение коэффициента полезного использования поездной работы является основой повышения экономической эффективности деятельности железнодорожного транспорта.

<sup>2</sup> Коэффициент веса — отношение веса поезда нетто к весу поезда брутто.

При этом соотношение эксплуатационных расходов и доходов от перевозок испытывает влияние ценовых факторов, которые могут существенно исказить реальную эффективность работы железнодорожного транспорта [7]. Следует заметить, что в период существования централизованно планируемой экономики в нашей стране, до начала 1990-х годов, системный учёт и анализ ценовых факторов не осуществлялся, что делает практически невозможным элиминирование их влияния в долгосрочной ретроспективе. Поэтому для анализа эффективности деятельности железнодорожного транспорта предпочтительно использовать натуральные показатели: среднечасовую производительность поезда и коэффициент полезного использования поездной работы.

### **РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

В целом за рассматриваемый, более чем вековой период среднечасовая работа поезда увеличилась более чем в 15 раз, со среднегодовым темпом прироста свыше 2,6% (таблица 1). Это обеспечено за счёт одновременного повышения веса поезда брутто и технической скорости движения поездов.

Повышение весов и скоростей поездов зачастую рассматривается как альтернатива [8, 9]. Однако ретроспективный анализ показывает реальность их одновременного роста на основе реализации инновацион-



**Среднегодовые темпы прироста показателей качества и эффективности  
эксплуатационной работы в грузовом движении, %**

Отрезок времени (годы)	Вес поезда брутто, т	Вес поезда нетто, т	Отношение веса поезда нетто к весу поезда брутто («коэффициент веса»)	Техническая скорость, км/ч	Участковая скорость, км/ч	Отношение участковой скорости к технической («коэффициент скорости»)	Среднечасовая работа поезда, тыс. т • км брутто	Среднечасовая производительность поезда, тыс. т • км нетто	Коэффициент полезного использования поезда работы
1913–1928	2,42	2,20	-0,17	-0,30	0,20	0,52	2,11	2,46	0,36
1928–1940	3,95	4,68	0,70	3,82	3,08	-0,71	7,93	7,91	-0,02
1940–1950	0,95	1,15	0,20	0,21	-0,10	-0,30	1,16	1,05	-0,12
1950–1965	3,42	3,33	-0,09	1,97	3,48	1,48	5,46	7,61	1,39
1965–1980	1,17	1,36	0,20	-0,25	-0,62	-0,37	0,91	0,72	-0,18
1980–1991	0,85	0,68	-0,17	0,10	1,04	0,93	0,95	1,73	0,77
1991–2003	1,29	1,46	0,17	0,50	1,00	0,58	1,79	2,54	0,74
2003–2017	0,81	1,00	0,17	0,03	0,31	0,28	0,84	1,31	0,46

ных технологических и управленческих решений и, соответственно, возможность постановки целевых задач по обеспечению такого роста в рамках инновационно-ориентированного развития железнодорожного транспорта [10, 11].

Важно отметить устойчивую долгосрочную тенденцию ускоренного роста среднечасовой производительности поезда по сравнению со среднечасовой работой. Это означает, что производительность поезда росла не только за счёт повышения объёма работы, выполняемой поездом в среднем за 1 час, но и за счёт роста её эффективности, что характеризуется увеличением коэффициента полезного использования поезда работы. Это стало возможным благодаря существенному увеличению как коэффициента веса, так и в особенности коэффициента скорости. (Коэффициент полезного использования поезда работы равен произведению этих коэффициентов). Другими словами, в долгосрочном периоде обеспечено не просто одновременное повышение весов и скоростей поездов, но и его интенсивный характер: вес поезда нетто рос ускоренно по сравнению с весом поезда брутто, а участковая скорость — по сравнению с технической. Это и стало основой общего роста эффективности эксплуатационной работы отечественных железных дорог.

При этом на отдельных отрезках долгосрочного периода тенденции изменения

всех перечисленных показателей существенно различались (таблица 2).

Наивысшие темпы роста производительности поезда были достигнуты в период «первых пятилеток» (1928–1940 годы), однако эффективность поезда работы при этом не росла, а даже несколько снизилась. Это ещё раз подтверждает вывод о затратности реализованного в тот период «мобилизационного» варианта экономического развития [7].

Почти столь же высокими темпы роста производительности поезда были в 1950-х–первой половине 1960-х годов, в период реализации на железнодорожном транспорте целого ряда значимых инноваций и некоторого раскрепощения творческих сил людей. В этот период была обеспечена и наиболее высокая динамика эффективности эксплуатационной работы. Во второй половине 1960-х и в 1970-х годах, когда началось общее замедление развития отечественных железных дорог [16], а грузо- и пассажиронапряжённость заметно возросли [14], произошло кардинальное падение темпов роста производительности поезда, а эффективность поезда работы снизилась. Впрочем, в последующее десятилетие, благодаря системным мерам по интенсификации использования подвижного состава, удалось существенно улучшить динамику показателей качества и эффективности поезда работы.

## НА ЭТАПЕ РЕФОРМИРОВАНИЯ

Следует подробнее остановиться на динамике показателей эффективности эксплуатационной работы в грузовом движении в период формирования и развития рынка железнодорожных перевозок (1992–2017 годы). Эти показатели изменялись под воздействием макроэкономических факторов, специфических процессов, происходящих на рынке перевозок, и изменения технологии перевозочного процесса (таблица 3). Причём все три перечисленные группы факторов связаны между собой.

В период 1992–1998 годов происходил «трансформационный кризис экономики, в ходе которого в стране сформировались рыночные отношения» [12, с. 138]. В результате кризиса объём грузовых перевозок и грузооборот на железнодорожном транспорте сократились более, чем вдвое [13].

В предшествующий спаду период, в конце 1980-х годов, отечественные железные дороги работали со сверхвысоким уровнем заполнения пропускной способности [14], что приводило к сокращению скоростей движения. Так, в 1988 году при максимальных размерах движения на сети участковая и техническая скорости грузовых поездов были примерно на 4% ниже уровня 1965 года.

Снижение нагрузки на сеть в 1990-е годы объективно способствовало повышению скоростей движения. С 1992 по 1998 год техническая скорость возросла на 2,7%, а участковая – на 10,1%. Коэффициент скорости достиг максимального исторического уровня, который был превзойдён лишь в 2017 году.

В то же время существенное снижение интенсивности грузовых перевозок затрудняет повышение веса поезда (и даже поддержание его на достигнутом уровне). И в первые годы спада объёмов перевозок, действительно, происходило некоторое снижение весов поездов. Но затем адаптировавшиеся к требованиям рынка железные дороги преодолели эти трудности: с 1992 по 1998 год вес поезда брутто был повышен на 6,6%, а нетто – на 8,4%.

Повышение весов поездов также носило интенсивный характер, коэффициент веса заметно возрос.

Всё это обусловило ускоренный рост среднечасовой производительности по

сравнению с работой поезда и весьма значимое, в 1,09 раза, увеличение коэффициента полезного использования поездной работы. Рост эффективности эксплуатационной работы в непростой для российских железных дорог период становления рыночной экономики в нашей стране, без сомнения, сыграл свою роль в обеспечении финансово-экономической устойчивости отрасли, в том числе и при снижении железнодорожных грузовых тарифов в 1997–1998 годах [15, с. 183], имевшем важное макроэкономическое значение. «В результате существенно уменьшалась транспортная составляющая в конечной стоимости промышленной продукции, что наряду с другими факторами способствовало преодолению экономического кризиса» [16, с. 171].

После перехода экономики в фазу рыночного роста (1999–2007 годы) [17] железнодорожные грузовые перевозки стали динамично увеличиваться. Вновь возросла нагрузка на сеть. Это создавало объективные возможности для динамичного роста весов поездов, и они были реализованы. Вес поезда брутто возрос на 14,7% (к уровню 1998 года), вес нетто – в ещё большей степени – на 16,9%, что позволило значительно увеличить коэффициент веса. В то же время рост интенсивности перевозок осложнил повышение участковой скорости, которая росла значительно медленнее технической (2,5% против 7,5%). Соответственно коэффициент скорости весьма существенно сократился, что привело к снижению коэффициента полезного использования поездной работы.

Период рыночного спада, связанный с глобальным экономическим кризисом (2008–2009 годы), был использован российскими железными дорогами для повышения эффективности эксплуатационной работы. Несмотря на существенное снижение объёмов грузовых перевозок и грузооборота [18, 19], был обеспечен дальнейший рост весов поездов. Правда, повышение веса поезда нетто отставало от повышения веса поезда брутто. Зато была существенно увеличена участковая скорость при незначительном росте технической. В результате и коэффициент скорости, и коэффициент полезного использования поездной работы возросли.



Динамика показателей качества и эффективности эксплуатационной работы в грузовом движении, 1992–2017 годы

Показатель	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Вес поезда брутто, т	3090	3080	3085	3119	3170	3210	3295	3345	3380	3536	3554	3608	3670	3716	3747	3778	3815	3855	3867	3868	3891	3911	3929	3966	4006	4041
Вес поезда нетто, т	1744	1714	1724	1761	1787	1817	1890	1954	1975	2065	2068	2091	2127	2159	2177	2209	2227	2231	2249	2262	2280	2288	2301	2334	2366	2402
Отношение веса поезда нетто к весу поезда брутто ("коэффициент веса")	0,564	0,556	0,559	0,565	0,564	0,566	0,574	0,584	0,584	0,584	0,582	0,580	0,580	0,581	0,581	0,585	0,584	0,579	0,582	0,585	0,586	0,585	0,586	0,589	0,591	0,594
Техническая скорость, км/ч	44,3	43,6	43,7	43,8	44,4	45,0	45,5	45,2	45,7	45,9	45,8	46,8	47,5	48,4	48,7	48,9	49,1	49,3	49,3	46,5	45,2	45,6	45,6	46,4	46,7	47,0
Участковая скорость, км/ч	35,7	35,7	36,7	36,9	37,9	38,6	39,3	38,5	38,6	38,7	38,2	39,0	39,6	40,2	40,3	40,3	40,6	41,6	41,2	37,1	36,0	36,8	37,7	39,1	39,7	40,7
Отношение участковой скорости к технической ("коэффициент скорости")	0,806	0,819	0,840	0,842	0,854	0,858	0,864	0,852	0,845	0,843	0,834	0,833	0,834	0,831	0,828	0,824	0,827	0,844	0,836	0,798	0,796	0,807	0,827	0,843	0,850	0,866
Среднечасовая производительность поезда, тыс. т.км. нетто	62,3	61,2	63,3	65,0	67,7	70,1	74,3	75,2	76,2	79,9	79,0	81,5	84,2	86,8	87,7	89,0	90,4	92,8	92,7	83,9	82,1	84,2	86,7	91,3	93,9	97,8
Среднечасовая работа поезда, тыс. т.км. брутто	136,9	134,3	134,8	136,6	140,7	144,5	149,9	151,2	154,5	162,3	162,8	168,9	174,3	179,9	182,5	184,7	187,3	190,1	190,6	179,9	175,9	178,3	179,2	184,0	187,1	189,9
Коэффициент полезного использования поезда, тыс. т.км. брутто	0,455	0,456	0,469	0,476	0,481	0,486	0,495	0,498	0,494	0,492	0,485	0,483	0,483	0,483	0,481	0,482	0,483	0,488	0,486	0,467	0,467	0,472	0,484	0,496	0,502	0,515

В период турбулентного посткризисного развития экономики [20], начиная с 2010 года, на эксплуатационные показатели влияло прежде всего сочетание изменений на рынке железнодорожных перевозок и технологии перевозочного процесса.

В условиях структурной реформы железнодорожного транспорта и создания условий для развития операторского бизнеса, начиная с 2003 года, происходил рост парка грузовых вагонов. В 2011–2013 годах он ускорился, а в начале 2015 года вагонный парк достиг максимальной величины – свыше 1 млн 230 тыс. вагонов, что в 1,5 раза больше парка, существовавшего к началу реформы [21, с. 93].

Одновременно менялась структура парка вагонов: если до 2009 года около 60% вагонного парка принадлежало ОАО «РЖД» и его дочерним компаниям, то с 2011 года в парке стали доминировать вагоны частных компаний, а парк, принадлежащий непосредственно ОАО «РЖД», стал близок к нулю [22, с. 96]. (Следует напомнить, что в соответствии с программой структурной реформы на железнодорожном транспорте на её заключительном этапе у ОАО «РЖД» должно было остаться 40% вагонного парка [23]).

Таким образом, в 2011–2013 годах вагонный парк резко возрос, а структура его кардинально изменилась. Он стал полностью приватным, что усложнило управление вагонопотоками и потребовало перестройки технологии эксплуатационной работы. При этом в полной мере проявилось недостаточное развитие железнодорожной инфраструктуры, многие объекты которой были сокращены в конце XX – начале XXI века [22, 24]. (Следует напомнить, что в середине 1990-х годов учёные МИИТ предостерегали от поспешной ликвидации малозагруженных инфраструктурных объектов, указывая на возможные негативные экономические последствия подобных решений [25]). В этих условиях на железнодорожном транспорте проявился фундаментальный экономический закон – закон убывающей отдачи [26]. Одним из его проявлений стало сокращение в 2011–2012 годах производительности поезда, прежде всего – за счёт снижения скорости движения поездов. Сократился в 2011–2012 годах и коэффициент полезного использования поездной работы. С 2013 года скорости движения и производительность поезда начали расти, уровень производительности 2009–2010 годов

был превышен в 2016 году. Тогда же коэффициент полезного использования поездной работы впервые превысил уровень 0,5. В 2017 году он, как и среднесуточная производительность поезда, обновил исторические максимумы. Максимальных значений достигли также веса поездов. Скорости движения пока остаются ниже уровня 2009–2010 годов, но коэффициент скорости достиг максимального значения. Эти результаты были обеспечены за счёт последовательного развития тяжеловесного движения [27, 28], системного улучшения технологии перевозочного процесса, в том числе – внедрения полигонных технологий [29, 30].

Таким образом, в период формирования и развития рынка железнодорожных грузовых перевозок и реализации структурной реформы отрасли обеспечено существенное улучшение показателей эффективности эксплуатационной работы российских железных дорог в грузовом движении. Это улучшение было не линейным, но в последние годы позитивные тенденции упрочились, и ключевые показатели достигли исторических максимумов. Для дальнейшего повышения эффективности эксплуатационной деятельности требуется активизация и радикализация инноваций в рамках инновационно-ориентированного развития железнодорожного транспорта [31, 32].

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В исследованиях [10, 11] была обоснована возможность повышения производительности поезда на перспективу до 2030 года среднегодовым темпом 3%. Практика показывает реалистичность этих оценок. В период 2015–2017 годов среднегодовой темп прироста производительности поезда составил 4,1%, что существенно выше, чем в предыдущие годы. Тем самым создан хороший задел на будущее, однако и при этом обеспечить среднегодовой темп порядка 3% до 2030 года является непростой задачей, которая может быть решена только на инновационной основе.

В исследовании [3], исходя из долгосрочных тенденций инновационно-ориентированного развития отечественных железных дорог, рассчитаны показатели весов и скоростей поездов, коэффициенты веса и скорости на перспективу до 2030 года. Эти показатели,



**Прогнозные значения показателей качества и эффективности эксплуатационной работы в грузовом движении на перспективу до 2030 года**

Показатели	Расчётный вариант	Оптимизированный вариант
Вес поезда брутто, т	5211	4815
Вес поезда нетто, т	3130	3130
Отношение веса поезда нетто к весу поезда брутто («коэффициент веса»)	0,601	0,650
Техническая скорость, км/ч	51,5	51,5
Участковая скорость, км/ч	45,6	45,6
Отношение участковой скорости к технической («коэффициент скорости»)	0,885	0,885
Среднечасовая работа поезда, тыс. т • км брутто	268,4	248,0
Среднечасовая производительность поезда, тыс. т • км нетто	142,7	142,7
Коэффициент полезного использования поездной работы	0,532	0,575

а также соответствующие им значения среднечасовой работы и производительности поезда и коэффициента полезного использования поездной работы показаны в таблице 4, в столбце «расчётный вариант». Заметим тем не менее, что хотя достижение таких параметров представляется принципиально возможным, увеличение среднего веса поезда брутто на 29% к существующему уровню (со значительным превышением отметки в 5000 тонн) является все же чрезвычайно сложной задачей, даже с учётом перспектив развития тяжеловесного движения.

Кроме того, нужно обратить внимание на существенно разные траектории измерения коэффициента скорости и коэффициента веса. Коэффициент скорости в целом рос гораздо более динамично, и его «отрыв» от коэффициента веса, составлявший в 1913 году 1,17 раза, к 2017 году увеличился до 1,46 раза. При этом его абсолютное значение приближается к 0,9, и очевидно, что возможности его дальнейшего повышения даже по чисто теоретическим, математическим основаниям весьма ограничены. Коэффициент веса за более чем вековой период кардинальных изменений не претерпел, увеличившись с 0,527 до 0,594. Причём его значения в середине 1990-х годов были примерно на уровне 1930-х.

Расчитанное с учётом таких тенденций значение коэффициента веса на перспективу до 2030 года (0,601) не является амбициозным параметром. Используя логико-аналитический метод [33, 34], можно сделать заключение, что прорывные изменения возможны именно в повышении коэффициента веса.

Существенное повышение коэффициента веса может быть достигнуто на основе сочетания сокращения доли порожнего пробега и снижения коэффициента тары вагонов. Первая из указанных задач может быть решена на основе экономического стимулирования операторских компаний к сокращению порожнего пробега и совершенствованию коммерческой диспетчеризации вагонного парка. Решение второй задачи требует изменения конструкции вагонов и материалов для их изготовления. Представляется, что реализация комплекса указанных мер может позволить повысить коэффициент веса в долгосрочной перспективе до 0,650. Тогда достижение рассчитанного веса поезда нетто будет обеспечено при весе поезда брутто 4815 тонн, что является гораздо более реалистичной задачей с точки зрения тягового обеспечения и технологии перевозок.

Соответственно и расчётная среднечасовая производительность поезда с учётом такой оптимизации будет достигнута при существенно, на 7,6%, меньшей среднечасовой работе поезда. Учитывая, что тонно-километры брутто являются ключевым расходообразующим измерителем эксплуатационной работы [35], экономия эксплуатационных расходов также будет весьма значительна. Оптимизированный вариант позволит кардинально повысить эффективность эксплуатационной деятельности — коэффициент полезного использования поездной работы возрастёт до 0,575.

Таким образом, в долгосрочной перспективе необходим и возможен существенный рост эффективности эксплуатационной дея-

тельности железнодорожного транспорта на базе реализации технологически и экономически обоснованных инновационных решений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. Влияние экологической парадигмы на долгосрочное развитие железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог.— 2016.— № 9.— С. 12—14.
2. Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. Экономика транспортного пространства: методологические основы // Вестник ВНИИЖТ.— 2012.— № 2.— С. 3—10.
3. Мачерет Д. А., Рышков А. В., Валеев Н. А. и др. Управление экономической эффективностью эксплуатационной деятельности железнодорожного транспорта с использованием инновационных подходов: Монография / Под ред. Д. А. Мачерета и А. В. Рышкова — М.: РИОР, 2018.— 212 с.
4. Мачерет Д. А., Измайкова А. В. Новые показатели для оценки качества и эффективности работы железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог.— 2015.— № 6.— С. 30—35.
5. Мачерет Д. А., Измайкова А. В. Инновационные подходы к измерению и повышению качества работы железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт.— 2015.— № 10.— С. 74—77.
6. Валеев Н. А. Управление эксплуатационными затратами железнодорожных компаний // Экономика железных дорог.— 2017.— № 12.— С. 26—36.
7. Мачерет Д. А. Экономика первых пятилеток в «зеркале» железнодорожного транспорта // Экономическая политика.— 2015.— № 4.— С. 87—112.
8. Кудрявцев В. А., Угрюмов А. К., Романов А. П. и др. Технология эксплуатационной работы на железных дорогах. — М.: Транспорт, 1994.— 264 с.
9. Курбасов А. С. Увеличение скоростей на железных дорогах России: возможности и преимущества // Транспорт Российской Федерации.— 2011.— № 6.— С. 20—23.
10. Мачерет Д. А., Измайкова А. В. Экономическая оценка инноваций, направленных на комплексное повышение веса и скорости поездов // Экономика железных дорог.— 2015.— № 5.— С. 17—33.
11. Измайкова А. В. Экономическая оценка инновационно-ориентированного развития железнодорожного транспорта / Дис. ... канд. экон. наук. — М., 2016.— 182 с.
12. Мачерет Д. А. Динамика железнодорожных перевозок грузов как макроэкономический индикатор // Экономическая политика.— 2015.— № 2.— С. 133—150.
13. Рышков А. В. Экономическая конъюнктура транспорта. — М.: МИИТ, 2008.— 130 с.
14. Мачерет Д. А. О чем свидетельствует столетняя динамика показателей крупнейших железнодорожных систем // Экономическая политика.— 2016.— № 6.— С. 138—169.
15. Аксёненко Н. Е., Лапидус Б. М., Мишарин А. С. Железные дороги России: от реформы к реформе. — М.: Транспорт, 2001.— 335 с.
16. Мачерет Д. А. Экономические записки об отечественных железных дорогах // Отечественные записки.— 2013.— № 3.— С. 162—176.
17. Мачерет Д. А. Транспортный срез экономики // Мир транспорта.— 2009.— № 4.— С. 64—69.
18. Мачерет Д. А., Рышков А. В., Белоглазов А. Ю. Двенадцать месяцев кризиса: влияние на транспортную систему страны // Экономика железных дорог.— 2010.— № 3.— С. 11—24.
19. Мачерет Д. А. Экономический кризис и транспорт // Мир транспорта.— 2010.— № 2.— С. 4—13.
20. Мау В. А. Турбулентное десятилетие. Глобальный кризис: опыт прошлого и вызовы будущего // Вестник Европы.— 2009.— № 26—27.— С. 78—89.
21. Хусаинов Ф. И. Экономическая статистика железнодорожного транспорта. Очерки. — М.: Наука, 2016.— 100 с.
22. Хусаинов Ф. И. Реформа железнодорожной отрасли в России: проблемы незавершённой либерализации: Монография. — М.: Наука, 2015.— 272 с.
23. Мишарин А. С., Шаронов А. В., Лапидус Б. М. и др. Программа структурной реформы на железнодорожном транспорте (с комментариями). — М.: МЦФЭР, 2001.— 240 с.
24. Бородин А. Ф., Сотников Е. А. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учётом увеличения доли частных вагонов // Железнодорожный транспорт.— 2011.— № 3.— С. 8—19.
25. Мандриков М. Е., Кожевников Ю. Н., Мачерет Д. А. Экономический подход к управлению вагонопотоками // Железнодорожный транспорт.— 1995.— № 4.— С. 63—65.
26. Мачерет Д. А., Рышков А. В. Проявление закона убывающей отдачи в условиях ограничения развития железнодорожной инфраструктуры // Экономика железных дорог.— 2014.— № 7.— С. 12—21.
27. Морозов В. Н. Комплексные подходы к развитию тяжеловесного движения в России // Бюллетень Объединённого ученого совета ОАО «РЖД».— 2014.— № 2.— С. 5—11.
28. Мугинштейн Л. А., Шенфельд К. П. Развитие тяжеловесного движения грузовых поездов. — М.: Интекст, 2011.— 76 с.
29. Анисимов В. А., Осьминин А. Т., Анисимов В. В. Концепция повышения допускаемых скоростей движения поездов в рамках полигонных технологий // Железнодорожный транспорт.— 2017.— № 3.— С. 19—25.
30. Осьминин А. Т., Сотников Е. А. Основные факторы и условия перехода на полигонную систему управления // Железнодорожный транспорт.— 2017.— № 5.— С. 22—27.
31. Мачерет Д. А., Измайкова А. В. О повышении качества и эффективности эксплуатационной работы // Экономика железных дорог.— 2016.— № 10.— С. 43—47.
32. Мачерет Д. А., Кудрявцева А. В. Повышение эффективности эксплуатационной деятельности железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог.— 2017.— № 12.— С. 20—25.
33. Мачерет Д. А. Методические проблемы экономических исследований на железнодорожном транспорте // Экономика железных дорог.— 2015.— № 3.— С. 12—26.
34. Мачерет Д. А. Вектор развития экономической науки на транспорте // Транспорт Российской Федерации.— 2017.— № 2.— С. 27—33.
35. Смехова Н. Г., Кожевников Ю. Н., Мачерет Д. А. и др. Издержки и себестоимость железнодорожных перевозок: Учеб. пособие / Под ред. Н. Г. Смеховой и Ю. Н. Кожевникова. — М.: УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2015.— 472 с.

Координаты авторов: **Мачерет Д. А.** — macheretda@rambler.ru,  
**Кудрявцева А. В.** — anastasiya.izmaykova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 23.05.2018, принята к публикации 02.07.2018.





## RETROSPECTIVE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF RAILWAY FREIGHT OPERATIONS

**Macheret, Dmitry A.**, Russian University of Transport, Joint Scientific Council of JSC Russian Railways, Moscow, Russia.

**Kudryavtseva, Anastasia V.**, Joint Scientific Council of JSC Russian Railways, Moscow, Russia.

### ABSTRACT

A detailed analysis of efficiency of operational work in conditions of reforming of the national economy and railways (1992–2017) is carried out. The need for a significant increase in efficiency based on implementation of technologically and economically sound innovative solutions in the long term to 2030 is emphasized. It is noted that freight transportation is the main income-generating business of the industry

and, at the same time, a large part of the operating costs of railway transport is also falling on them, that is why the level of organization of work in cargo traffic is of crucial importance for economically efficient and sustainable operation of railways. It is concluded that in order to further enhance the efficiency of their operational activities, new dynamics of innovations in the framework of the general innovation-oriented development of the industry is required.

**Keywords:** railway transport, innovation-focused development, efficiency of operational work, train weight, section speed, technical speed, train performance, coefficient of usefulness of train operation.

**Background.** The main activity of the Russian railways is freight transportation. Freight turnover accounts for over 90% of the total volume of work, and its share is characterized by a long-term trend towards growth [1]. Accordingly, freight transportation is the main income-generating business of the industry, and the greater part of the operating costs of railway transport is used for their implementation.

**Objective.** The objective of the authors is to provide a retrospective analysis of efficiency of operational work of domestic railways regarding particularly freight traffic.

**Methods.** The authors use general scientific methods, comparative analysis, economic evaluation, statistical method, logics, analytical tools.

### Results.

#### Indicators of operational work

The basis of organization of operational work is the technology of train traffic. At the same time, the economy of a train as an integrated resource unit, in which all the main resources of the industry are united into one system, is, in fact, the focus of the entire economy of railway transport [2].

The efficiency of train work is determined by the values of weights and speeds of train traffic and their ratios: speed coefficient and weight coefficient<sup>1</sup> [3]. Weights and speeds have a multiplier effect on work and performance of a train.

The average hourly operation of a freight train performed per hour of traffic on a section can be defined as the product of gross weight of a train at technical speed. This indicator has a significant impact on the level of operating costs [4].

The average hourly capacity of a freight train, defined as a product of net weight of a train at a section speed, can be considered as a general indicator of quality of organization of operational work of railway transport in freight traffic. This figure has a significant impact on the industry's revenues. And the ratio of average hourly capacity of a train to average hourly work, which is called coefficient of usefulness of train operation, characterizes the integrated efficiency of operational work, affecting the ratio of income and expenses from freight traffic [5]. It is this ratio that characterizes the economic efficiency

of operational activities of railways [3, 6]. Consequently, an increase in coefficient of usefulness of train operation is the basis for increasing economic efficiency of the railway transport.

At the same time, the ratio of operating costs to transportation revenues is affected by price factors that can substantially distort the real efficiency of railway transport [7]. It should be noted that during existence of centrally planned economy in our country, prior to the beginning of the 1990s, system accounting and analysis of price factors were not implemented, which makes it practically impossible to eliminate their influence in a long-term retrospective. Therefore, to analyze efficiency of railway transport, it is preferable to use natural indicators: average hourly capacity of a train and coefficient of usefulness of train operation.

#### Retrospective efficiency analysis

In general, for a period of more than a century, average hourly operation of a train increased by more than 15 times, with an average annual growth rate of over 2,6% (Table 1). This is due to the simultaneous increase in gross weight of a train and technical speed of trains.

Increasing weights and speeds of trains is often considered as an alternative [8, 9]. However, retrospective analysis shows the reality of their simultaneous growth based on implementation of innovative technological and managerial decisions and, accordingly, possibility of setting targets for ensuring such growth in the framework of innovation-focused development of railway transport [10, 11].

It is important to note the stable long-term trend of accelerated growth of average hourly capacity of a train in comparison with average hourly work. This means that the train's productivity grew not only due to the increase in the amount of work performed by a train on average per hour, but also due to the increase in its efficiency, which is characterized by an increase in the coefficient of useful train work. This became possible due to a significant increase in both weight coefficient and, in particular, speed coefficient (coefficient of usefulness of train operation is equal to the product of these coefficients). In other words, in the long run it is not easy to simultaneously increase weights and speeds of trains, but also its intensive nature: net weight of a train grew faster than gross weight of a train, and section speed is compared to the technical one. This became the basis for the overall increase in efficiency of operation of domestic railways.

<sup>1</sup> Weight coefficient – ratio of net weight of a train to gross weight of a train. Speed coefficient is a ratio of a mean speed of passing of a railway section by a train to the technical speed (which is calculated without taking into account time spent for stops).

Table 1

## Long-term changes in quality and efficiency of operational work in freight traffic

Indicator	1913	2017	Growth rate in whole for the period, times	Growth rate on average for a year, %
Gross weight of a train, t	573	4041	7,05	1,90
Net weight of a train, t	302	2402	7,95	2,01
Ratio of train net weight to gross train weight («weight coefficient»)	0,527	0,594	1,13	0,12
Technical speed, km/h	22,0	47	2,14	0,73
Section speed, km/h	13,6	40,7	2,99	1,06
Ratio of section speed to technical speed («speed coefficient»)	0,618	0,866	1,40	0,32
Average hourly operation of a train, thousand tons • km gross	12,6	189,9	15,07	2,64
Average hourly capacity of a train, thousand tons • km net	4,1	97,8	23,85	3,10
Coefficient of usefulness of train operation	0,326	0,515	1,58	0,44

Table 2

## Average annual growth rates of quality and efficiency indicators of operational work in freight traffic, %

Time interval (years)	Gross weight of a train, t	Net weight of a train, t	Ratio of net weight of a train to gross weight of a train («weight coefficient»)	Technical speed, km/h	Section speed, km/h	Ratio of section speed to technical speed («speed coefficient»)	Average hourly work of a train, thous. t • km gross	Average hourly capacity of a train, thous. t • km net	Coefficient of usefulness of train operation
1913–1928	2,42	2,20	-0,17	-0,30	0,20	0,52	2,11	2,46	0,36
1928–1940	3,95	4,68	0,70	3,82	3,08	-0,71	7,93	7,91	-0,02
1940–1950	0,95	1,15	0,20	0,21	-0,10	-0,30	1,16	1,05	-0,12
1950–1965	3,42	3,33	-0,09	1,97	3,48	1,48	5,46	7,61	1,39
1965–1980	1,17	1,36	0,20	-0,25	-0,62	-0,37	0,91	0,72	-0,18
1980–1991	0,85	0,68	-0,17	0,10	1,04	0,93	0,95	1,73	0,77
1991–2003	1,29	1,46	0,17	0,50	1,00	0,58	1,79	2,54	0,74
2003–2017	0,81	1,00	0,17	0,03	0,31	0,28	0,84	1,31	0,46

At the same time, in some segments of the long-term period, the trends of all these indicators varied significantly (Table 2).

The highest rates of growth in train productivity were achieved during the «first five-year plans» (1928–1940), but efficiency of train work did not grow, but even decreased somewhat. This again confirms the conclusion about the cost of the «mobilization» variant of economic development realized in that period [7].

Almost the same high growth rates of train performance were in the 1950s and the first half of the 1960s, during implementation of a number of significant innovations on railway transport and some liberation of people's creative forces. During this period, the highest dynamics of operational efficiency was ensured. In the second half of the 1960s and 1970s, when the general slowdown in development of domestic railways began [16], while cargo and passenger loads increased markedly [14], the rate of growth in train performance dropped dramatically, and efficiency of train operations decreased. However, in the next decade, due to systemic measures to intensify the

use of rolling stock, it was possible to significantly improve the dynamics of quality indicators and the efficiency of train work.

**At the stage of reforming**

It is necessary to dwell in more detail on the dynamics of indicators of efficiency of operational work in freight traffic during formation and development of railway transportation market (1992–2017). These indicators changed under the influence of macroeconomic factors, specific processes occurring in the transportation market and changes in the technology of the transportation process (Table 3). And all three of these groups of factors are interrelated.

In the period of 1992–1998 there was a «transformation crisis of the economy, during which market relations were formed in the country» [12, p. 138]. As a result of the crisis, the volume of freight transportation and freight turnover on railway transport decreased more than twice [13].

In the period leading up to the recession, in the late 1980s, domestic railways operated with an ultra-high level of capacity filling [14], which led to a reduction in traffic speeds. So, in 1988, with the maximum traffic volumes





Table 3

Dynamics of indicators of quality and efficiency of operational work in freight traffic, 1992–2017

Indicator	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Gross weight of a train, t	3090	3080	3085	3119	3170	3210	3295	3345	3380	3536	3554	3608	3670	3716	3747	3778	3815	3855	3867	3868	3891	3911	3929	3966	4006	4041
Net weight of a train, t	1744	1714	1724	1761	1787	1817	1890	1954	1975	2065	2068	2091	2127	2159	2177	2209	2227	2231	2249	2262	2280	2288	2301	2334	2366	2402
Ratio of net weight of a train to gross weight of a train («weight coefficient»)	0,564	0,556	0,559	0,565	0,554	0,566	0,574	0,584	0,584	0,584	0,582	0,580	0,580	0,581	0,581	0,585	0,584	0,579	0,582	0,585	0,586	0,585	0,586	0,589	0,591	0,594
Technical speed, km/h	44,3	43,6	43,7	43,8	44,4	45,0	45,5	45,2	45,7	45,9	45,8	46,8	47,5	48,4	48,7	48,9	49,1	49,3	49,3	46,5	45,2	45,6	45,6	46,4	46,7	47,0
Section speed, km/h	35,7	35,7	36,7	36,9	37,9	38,6	39,3	38,5	38,6	38,7	38,2	39,0	39,6	40,2	40,3	40,3	40,6	41,6	41,2	37,1	36,0	36,8	37,7	39,1	39,7	40,7
Ratio of section speed to technical speed («speed coefficient»)	0,806	0,819	0,840	0,842	0,854	0,858	0,864	0,852	0,845	0,843	0,834	0,833	0,834	0,831	0,828	0,824	0,827	0,844	0,836	0,798	0,796	0,807	0,827	0,843	0,850	0,866
Average hourly performance of a train, thous. t • km net	62,3	61,2	63,3	65,0	67,7	70,1	74,3	75,2	76,2	79,9	79,0	81,5	84,2	86,8	87,7	89,0	90,4	92,8	92,7	83,9	82,1	84,2	86,7	91,3	93,9	97,8
Average hourly train operation, thous. t • km gross	136,9	134,3	134,8	136,6	140,7	144,5	149,9	151,2	154,5	162,3	162,8	168,9	174,3	179,9	182,5	184,7	187,3	190,1	190,6	179,9	175,9	178,3	179,2	184,0	187,1	189,9
Coefficient of usefulness of train operation	0,455	0,456	0,469	0,476	0,481	0,486	0,495	0,498	0,494	0,492	0,485	0,483	0,483	0,483	0,481	0,482	0,483	0,488	0,486	0,467	0,467	0,472	0,484	0,496	0,502	0,515

on the network, section and technical speeds of freight trains were approximately 4% lower than in 1965.

Reducing the load on the network in the 1990s objectively contributed to higher speeds. From 1992 to 1998, technical speed increased by 2,7%, and section speed – by 10,1%. The speed coefficient reached its maximum historical level, which was surpassed only in 2017.

At the same time, a significant decrease in intensity of freight transportation makes it difficult to increase train weight (and even maintain it at the achieved level). And in the first years of decrease in transportation volumes, indeed, there was a slight decrease in train weights. But then the railways adapted to the requirements of the market, they overcame these difficulties: from 1992 to 1998, gross weight of a train was increased by 6,6%, and net weight – by 8,4%.

Increase in train weights was also intensive, the weight coefficient increased noticeably.

All this led to an accelerated growth of average hourly capacity in comparison with train work and a very significant, by 1,09 times, increase in the coefficient of useful work of train operation. The increase in efficiency of operational work during the complicated period for Russian railways, following establishing of market economy in Russia, has undoubtedly played a role in ensuring the financial and economic sustainability of the industry, including period of reduction of rail freight tariffs in 1997–1998 [15, p. 183], which had an important macroeconomic significance. «As a result, the transport component in the final cost of industrial products decreased significantly, which, along with other factors, helped to overcome the economic crisis» [16, p. 171].

After transition of the economy to the phase of market growth (1999–2007) [17] rail freight transport began to grow dynamically. The load on the network has increased again. This created objective opportunities for dynamic growth of train weights, and they were realized. Gross weight of a train increased by 14,7% (to the level of 1998), net weight – even more – by 16,9%, which significantly increased the weight coefficient. At the same time, the increase in traffic intensity was complicated by the increase in section speed, which grew significantly slower than the technical speed (2,5% vs. 7,5%). Accordingly, the coefficient of speed has decreased quite drastically, resulting in a decrease in the coefficient of useful work of train operation.

The period of market recession associated with the global economic crisis (2008–2009) was used by Russian railways to improve operational efficiency. Despite a significant decrease in the volume of freight transportation and freight turnover [18, 19], the further growth of train weights was ensured. True, the increase in net weight of a train lagged behind the increase in gross weight of a train. But the section speed increased significantly while there was only a slight increase in technical speed. As a result, both speed coefficient and the coefficient of usefulness of train operation have increased.

In the period of turbulent post-crisis development of the economy [20], starting from 2010, the operational parameters were influenced primarily by the combination of changes in the railway transportation market and the transportation process technology.

In the conditions of structural reform of railway transport and creation of conditions for development of other rolling stock's operators' business, since 2003, there has been an increase in the fleet of freight cars. In 2011–2013, it accelerated, and in early 2015 the car

fleet reached its maximum value – over 1 million 230 thousand cars, which is by 1,5 times more than the fleet that existed at the beginning of the reform [21, p. 93].

At the same time, the structure of the car fleet changed: if before 2009 about 60% of the car fleet belonged to JSC Russian Railways and its subsidiaries, then in 2011 the cars of private companies became dominant in the fleet, and the fleet belonging directly to JSC Russian Railways became close to zero [22, p. 96]. (It should be recalled that in accordance with the program of structural reform in the railway transport, at its final stage, JSC Russian Railways should have had 40% of the car fleet [23]).

Thus, in 2011–2013 the car fleet has increased dramatically, and its structure has radically changed. It became completely private, that complicated the management of car flows and required reorganization of the technology of operational work. At the same time, inadequate development of the railway infrastructure, many facilities of which were reduced at the end of 20<sup>th</sup> – beginning of 21<sup>st</sup> century, became obvious [22, 24] (it should be recalled that in the mid-1990s, researchers of Russian University of Transport (then MIIT) warned against hastily liquidating infrastructural facilities, on the possible negative economic consequences of such decisions [25]). In these conditions, a fundamental economic law manifested in railway transport – the law of diminishing returns [26]. One of its manifestations was a reduction in train productivity in 2011–2012, primarily due to a decrease in train traffic speed. In 2011–2012, the coefficient of usefulness of train operation decreased. Since 2013, traffic speed and train performance have started to increase, the performance level of 2009–2010 was exceeded in 2016. At the same time, the coefficient of useful use of train work for the first time exceeded the level of 0,5. In 2017, it, like the average daily performance of a train, updated historical highs. Train weights also reached the maximum values. The speeds are still below the 2009–2010 level, but the speed coefficient has reached its maximum. These results were achieved due to the consistent development of heavy traffic [27, 28], systemic improvement of the technology of the transportation process, including introduction of polygon technologies [29, 30].

Thus, during formation and development of the railway freight transportation market and implementation of the structural reform of the industry, the efficiency indicators of the operational performance of Russian railways in freight traffic have substantially improved. This improvement was not linear, but in recent years, positive trends have strengthened, and key indicators have reached historic highs. To further improve the efficiency of operational activities, new radical changes and new dynamics of innovations in the framework of innovation-focused development of rail transport are required [31, 32].

#### **Prospects for increasing efficiency**

In studies [10, 11], the possibility of increasing train productivity in the future period up to 2030 by an average annual rate of 3% was substantiated. Practices show the realism of these estimates. In the period 2015–2017, the average annual growth rate of train performance was 4,1%, which is significantly higher than in previous years. Thus, a good reserve for the future is created, but at the same time ensuring an average annual rate of about 3% until 2030 is a difficult task that can be solved only on an innovative basis.

In the study [3] proceeding from long-term trends of innovation-focused development of domestic railways, the parameters of weights and train speeds,



**Forecast values of quality indicators and efficiency of operational work  
in freight traffic for the perspective up to 2030**

Indicators	Calculated variant	Optimized variant
Gross weight of a train, t	5211	4815
Net weight of a train, t	3130	3130
Ratio of net weight of a train to gross weight of a train («weight coefficient»)	0,601	0,650
Technical speed, km/h	51,5	51,5
Section speed, km/h	45,6	45,6
Ratio of section speed to technical speed («speed coefficient»)	0,885	0,885
Average hourly train work, thous. t • km gross	268,4	248,0
Average hourly capacity of a train, thous. t • km net	142,7	142,7
Coefficient of usefulness of train work	0,532	0,575

weight and speed coefficients for the perspective up to 2030 were calculated. These figures, as well as the corresponding values of hourly average work and train performance and the coefficient of usefulness of train operation are shown in Table 4, in the column «calculated variant». Nevertheless, although achievement of such parameters seems to be possible in principle, increasing the average gross weight of a train by 29% to the existing level (while significant exceeding 5000 tons) is still an extremely difficult task, even taking into account the prospects for development of heavy traffic.

In addition, it is necessary to pay attention to essentially different trajectories of measuring the speed coefficient and the weight coefficient. The speed coefficient as a whole grew much more dynamically, and its advance over the weight coefficient, which was 1,17 times in 1913, increased to 1,46 times by 2017. At the same time, its absolute value is close to 0,9, and it is obvious that the possibilities of its further increase, even on purely theoretical, mathematical grounds, are very limited. The weight coefficient for more than a century has not undergone cardinal changes, having increased from 0,527 to 0,594. And its value in the mid-1990s was approximately at the level of the 1930s.

The value of the weight coefficient for the perspective up to 2030 (0,601), calculated taking into account such trends, is not an ambitious parameter. Using the logical-analytical method [33, 34], it can be concluded that breakthrough changes are possible precisely in increasing the weight coefficient.

A significant increase in weight coefficient can be achieved on the basis of a combination of a reduction in the share of empty run and a reduction in the tare ratio of cars. The first of these tasks can be solved on the basis of economic incentives for the operator companies to reduce the empty run and improve the commercial dispatching of the car fleet. The solution of the second task requires modification of the design of cars and materials for their manufacture. It seems that implementation of a set of these measures can increase weight coefficient in the long run to 0,650. Then the achievement of the calculated net weight of a train will be provided with a gross weight of a train of 4,815 tons, which is a much more realistic task in terms of traction and transportation technology.

Accordingly, the estimated average hourly performance of a train, taking into account this optimization, will be achieved with a significant, by 7,6%, less, average hourly operation of a train. Given that ton-kilometers gross are the key flow meter of

operational work [35], savings in operating costs will also be very significant. The optimized version will dramatically improve the efficiency of operational activities – the coefficient of usefulness of train operation will increase to 0,575.

**Conclusion.** Thus, in the long term, a significant increase in the efficiency of the operational activity of the railway transport is necessary and possible on the basis of implementation of technologically and economically sound innovative solutions.

## REFERENCES

- Lapidus, B. M., Macheret, D. A. Influence of the ecological paradigm on the long-term development of railway transport [*Vliyaniye ekologicheskoi paradigmy na dolgosrochnoe razvitiye zheleznodorozhnogo transporta*]. *Ekonomika zheleznih dorog*, 2016, Iss. 9, pp. 12–14.
- Lapidus, B. M., Macheret, D. A. Economy of transport space: Methodological basis [*Ekonomika transportnogo prostranstva*]. *Vestnik VNIIZhT*, 2012, Iss. 2, pp. 3–10.
- Macheret, D. A., Ryshkov, A. V., Valeev, N. A. [et al]. Management of economic efficiency of operational activities of railway transport using innovative approaches: Monograph [*Upravleniye ekonomicheskoi effektivnostyu ekspluatatsionnoi deyatel'nosti zheleznodorozhnogo transporta s ispol'zovaniem innovatsionnykh podhodov: Monografiya*]. Ed. by D. A. Macheret and A. V. Ryshkov. Moscow, RIOR publ., 2018, 212 p.
- Macheret, D. A., Izmaikova, A. V. New indicators for assessing quality and efficiency of railway transport [*Novye pokazateli dlya otsenki kachestva i effektivnosti raboty zheleznodorozhnogo transporta*]. *Ekonomika zheleznih dorog*, 2015, Iss. 6, pp. 30–35.
- Macheret, D. A., Izmaikova, A. V. Innovative approaches to measuring and improving quality of railway transport operation [*Innovatsionnye podhody k izmereniyu i povysheniyu kachestva raboty zheleznodorozhnogo transporta*]. *Zheleznodorozhniy transport*, 2015, Iss. 10, pp. 74–77.
- Valeev, N. A. Management of operating costs of railway companies [*Upravleniye ekspluatatsionnymi zatratami zheleznodorozhnykh kompanii*]. *Ekonomika zheleznih dorog*, 2017, Iss. 12, pp. 26–36.
- Macheret, D. A. Economics of the first five-year plans in the «mirror» of railway transport [*Ekonomika pervykh pyatiletok v «zerkale» zheleznodorozhnogo transporta*]. *Ekonomicheskaya politika*, 2015, Iss. 4, pp. 87–112.
- Kudryavtsev, V. A., Ugryumov, A. K., Romanov, A. P. [et al]. Technology of operational work on railways [*Tekhnologiya ekspluatatsionnoi raboty na zheleznih dorogah*]. Moscow, Transport publ., 1994, 264 p.

9. Kurbasov, A. S. Speed increase on railways in Russia: opportunities and advantages [Uvelichenie skorosti na zheleznnykh dorogah Rossii: vozmozhnosti i preimushchestva]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2011, Iss. 6, pp. 20–23.

10. Macheret, D. A., Izmaikova, A. V. Economic evaluation of innovations aimed at complex increase in weight and speed of trains [Ekonomicheskaya otsenka innovatsii, napravlyennykh na kompleksnoe povyshenie vesa i skorosti poezdov]. *Ekonomika zheleznnykh dorog*, 2015, Iss. 5, pp. 17–33.

11. Izmaikova, A. V. Economic evaluation of innovation-oriented development of railway transport. Ph.D. (economics) thesis [Ekonomicheskaya otsenka innovatsionno-orientirovannogo razvitiya zheleznodorozhnogo transporta. Dis... kand. ekon. nauk]. Moscow, 2016, 182 p.

12. Macheret, D. A. Dynamics of railway transportation of goods as a macroeconomic indicator [Dinamika zheleznodorozhnykh perevozok gruzov kak makroekonomicheskii indikator]. *Ekonomicheskaya politika*, 2015, Iss. 2, pp. 133–150.

13. Ryshkov, A. V. Economic conditions of transport [Ekonomicheskaya kon'yunktura transporta]. Moscow, MIIT publ., 2008, 130 p.

14. Macheret, D. A. What is evidenced by the centenary dynamics of indicators of the largest railway systems [O chem svidetelstvuet stolitnyaya dinamika pokazatelei krupneishih zheleznodorozhnykh sistem]. *Ekonomicheskaya politika*, 2016, Iss. 6, pp. 138–169.

15. Aksenenko, N. E., Lapidus, B. M., Misharin, A. S. Russian railways: from reform to reform [Zheleznnye dorogi Rossii: ot reform k reforme]. Moscow, Transport publ., 2001, 335 p.

16. Macheret, D. A. Economic notes on domestic railways [Ekonomicheskie zapiski ob otechestvennykh zheleznnykh dorogah]. *Otechestvennye zapiski*, 2013, Iss. 3, pp. 162–176.

17. Macheret, D. A. Transport Profile of Economics. *World of Transport and Transportation*, Vol. 7, 2009, Iss. 4, pp. 64–69.

18. Macheret, D. A., Ryshkov, A. V., Beloglazov, A. Yu. Twelve months of the crisis: influence on the transport system of the country [Dvenadtsat' mesyatshev krizisa: vliyaniye na transportnyuyu sistemu strany]. *Ekonomika zheleznnykh dorog*, 2010, Iss. 3, pp. 11–24.

19. Macheret, D. A. Economic Crisis and Transport. *World of Transport and Transportation*, Vol. 8, 2010, Iss. 2, pp. 4–13.

20. Mau, V. A. The turbulent decade. Global crisis: the experience of the past and the challenges of the future [Turbulentnoe desyatiletie. Globalniy krizis: opyt proshlogo i vyzovy budushchego]. *Vestnik Evropy*, 2009, Iss. 26–27, pp. 78–89.

21. Khusainov, F. I. The economic statistics of railway transport. Essays [Ekonomicheskaya statistika zheleznodorozhnogo transporta. Ocherki]. Moscow, Nauka publ., 2016, 100 p.

22. Khusainov, F. I. Reform of the railway industry in Russia: the problems of unfinished liberalization: Monograph [Reforma zheleznodorozhnoi otрасli v Rossii: problem nezavershennoi liberalizatsii: monografiya]. Moscow, Nauka publ., 2015, 272 p.

23. Misharin, A. S., Sharonov, A. V., Lapidus, B. M. [et al.]. Program of structural reform in railway transport

(with comments) [Programma strukturnoi reform na zheleznodorozhnom transporte (s kommentariyami)]. Moscow, MCFER publ., 2001, 240 p.

24. Borodin, A. F., Sotnikov, E. A. The rational ratio of capacity of railway stations and car fleets taking into account the increase in the share of private cars [Ratsionalnoye sootnosheniye vmestimosti putei stantsii i vagonnykh parkov s uchetom uvelicheniya doli privatnykh vagonov]. *Zheleznodorozhnyi transport*, 2011, Iss. 3, pp. 8–19.

25. Mandrikov, M. E., Kozhevnikov, Yu. N., Macheret, D. A. Economic approach to management of car flows [Ekonomicheskii podhod k upravleniyu vagonopotokami]. *Zheleznodorozhnyi transport*, 1995, Iss. 4, pp. 63–65.

26. Macheret, D. A., Ryshkov, A. V. The manifestation of the law of diminishing return in the conditions of limiting the development of the railway infrastructure [Proyavleniye zakona ubyvyayushchei otdachi v usloviyakh ogranicheniya razvitiya zheleznodorozhnoi infrastruktury]. *Ekonomika zheleznnykh dorog*, 2014, Iss. 7, pp. 12–21.

27. Morozov, V. N. Complex approaches to the development of heavy traffic in Russia [Kompleksnyye podhody k razvitiyu tyazhelovesnogo dvizheniya v Rossii]. *Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*, 2014, Iss. 2, pp. 5–11.

28. Muginshtein, L. A., Shenfeld, K. P. Development of heavy traffic of freight trains [Razvitie tyazhelovesnogo dvizheniya gruzovykh poezdov]. Moscow, Intext publ., 2011, 76 p.

29. Anisimov, V. A., Osminin, A. T., Anisimov, V. V. The concept of increasing the permissible speeds of trains within the framework of polygon technologies [Kontsentsiya povysheniya dopuskaemykh skorostei dvizheniya poezdov v ramkakh poligonnykh tekhologii]. *Zheleznodorozhnyi transport*, 2017, Iss. 3, pp. 19–25.

30. Osminin, A. T., Sotnikov, E. A. The main factors and conditions for switching to the polygon control system [Osnovnyye faktory i usloviya perehoda na poligonnyuyu sistemu upravleniya]. *Zheleznodorozhnyi transport*, 2017, Iss. 5, pp. 22–27.

31. Macheret, D. A., Izmaikova, A. V. On improving the quality and efficiency of operational work [O povyshenii kachestva i effektivnosti ekspluatatsionnoi raboty]. *Ekonomika zheleznnykh dorog*, 2016, Iss. 10, pp. 43–47.

32. Macheret, D. A., Kudryavtseva, A. V. Increase of efficiency of operational activity of railway transport [Povysheniye effektivnosti ekspluatatsionnoi deyatel'nosti zheleznodorozhnogo transporta]. *Ekonomika zheleznnykh dorog*, 2017, Iss. 12, pp. 20–25.

33. Macheret, D. A. Methodical problems of economic research in railway transport [Metodicheskie problem ekonomicheskikh issledovaniy na zheleznodorozhnom transporte]. *Ekonomika zheleznnykh dorog*, 2015, Iss. 3, pp. 12–26.

34. Macheret, D. A. A vector of development of economic science in transport [Vektor razvitiya ekonomicheskoi nauki na transporte]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2017, Iss. 2, pp. 27–33.

35. Smekhova, N. G., Kozhevnikov, Yu. N., Macheret, D. A. [et al.]. Expenses and cost of railway transportation: Study guide [Izderzhki i sebestoimost' zheleznodorozhnykh perevozok: Uchebnoye posobie]. Ed. by N. G. Smekhova and Yu. N. Kozhevnikov. Moscow, TMC for education on railway transport, 2015, 472 p. ●

Information about the authors:

**Macheret, Dmitry A.** – D.Sc. (Economics), professor of Russian University of Transport, First Deputy Chairman of Joint Scientific Council of JSC Russian Railways, Moscow, Russia, macheretda@rambler.ru.

**Kudryavtseva, Anastasia V.** – Ph.D. (Economics), research fellow of Joint Scientific Council of JSC Russian Railways, Moscow, Russia, anastasiya.izmaykova@mail.ru.

Article received 23.05.2018, accepted 02.07.2018.

