

УДК 656.2

## Сравнение энергетической эффективности перевозок на железных дорогах мира

М. Ю. Изварин, М. В. Евстафьева, Д. А. Талюкин, В. С. Павлова

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

**Для цитирования:** Изварин М. Ю., Евстафьева М. В., Талюкин Д. А., Павлова В. С. Сравнение энергетической эффективности перевозок на железных дорогах мира // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2022. — Т. 19. — Вып. 3. — С. 537–549. DOI: 10.20295/1815-588X-2022-3-537-549

### Аннотация

**Цель:** Провести аналитическое сравнение энергоэффективности (удельной энергоемкости) перевозок на железнодорожном транспорте, проанализировать динамику пассажиро- и грузооборота по годам, рассчитать относительную погрешность потребления топливно-энергетических ресурсов железнодорожным транспортом (ТЭР), а также изучить статистику потребления ТЭР для осуществления этой работы по странам: Российская Федерация и Соединенные Штаты Америки. Провести аналитическое исследование расхождения и статистической погрешности между данными мировой и национальной статистики Росстата. Показать взаимосвязь энергоэффективности железнодорожных перевозок с уровнем выбросов CO<sub>2</sub>. Изучить тренд изменения удельной энергоемкости по годам и предложить возможные причины наличия динамики. **Методы:** Аналитическая работа со статистическими данными международных и национальных сборников в динамике по годам по выбранным странам; сравнение и выводы на основании рассматриваемых данных. **Результаты:** Проведен сравнительный анализ динамики изменения пассажирского и грузооборота в динамике по ряду лет, рассчитана динамика статистических отклонений данных потребления ТЭР, рассмотрено потребление основных видов топлива железнодорожным транспортом, рассчитана эффективность энергопотребления данным видом транспорта, и проанализирована энергоемкость железнодорожного транспорта ведущих стран мира. **Практическая значимость:** Проблема экологического загрязнения окружающей среды играет существенную роль в мире на сегодняшний день. Железнодорожный транспорт, играющий важную экономическую роль в каждой стране, является крупным энергопотребителем. Наравне с другими энергопотребителями, на железнодорожном транспорте также проводится постоянный анализ эффективности использования топлива и объемов выбросов CO<sub>2</sub>. Сравнительный анализ изменения удельной энергоемкости по годам с предположительными выводами о причинах, повлекших за собой данную динамику, позволит спрогнозировать и обеспечить своевременную реакцию на основании первых предпосылок экономических и общеполитических изменений. Анализ энергоэффективности железнодорожного транспорта продемонстрирует положение российских железных дорог в динамичном сравнении с западными странами и позволит проанализировать положительный опыт развития отрасли в других странах с возможностью прикладного применения в нашей стране.

**Ключевые слова:** Железнодорожные перевозки, приведенный грузооборот, пассажирооборот, энергоэффективность, окружающая среда, выбросы CO<sub>2</sub>, энергоемкость.

### Энергоэффективность и потребление ТЭР железнодорожным транспортом

С 2012 по 2018 г. Международный союз железных дорог (UIC) и Международное энергетическое агентство (МЭА, IEA) выпускали справочник *Railway Handbook: Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions* (Энергопотребление и выбросы двуокиси углерода), в котором по открытым статистическим данным выполняли оценку энергоэффективности железнодорожных перевозок в разных странах мира, как входящих в Организацию экономического сотрудничества и развития ОЭСР (OECD), так и нет.

Соответственно, в этом сборнике был выполнен и расчет влияния железнодорожных перевозок на окружающую среду, прежде всего за счет выбросов CO<sub>2</sub>. К сожалению, после принятия Парижских соглашений по климату в 2015 г. МСЖД прекратил выпуск данного издания; соответственно, расчет велся только до 2015 г., а последний выпуск справочника датирован 2018 г.

Тем не менее продолжение данного расчета представляет интерес, так как определение стран, добившихся существенных успехов в плане повышения энергоэффективности железнодорожных перевозок, позволит не только определить, чей опыт необходимо изучать и использовать. Между экономической и энергетической эффективностью имеется взаимосвязь, поэтому, побудив частные и государственные компании-операторы и компании — распорядители инфраструктуры к повышению экономических показателей за счет роста энергоэффективности, можно добиться сокращения нагрузки на окружающую среду во всем мире.

В начале необходимо определиться с понятиями «энергоэффективность» и «энергоёмкость». Энергоэффективность — это критерий рациональности использования топливно-энергетических ресурсов или же использования меньшего количества энергии для обеспечения выполнения одного и того же объема перевозочной работы

применительно к железнодорожному транспорту. Энергоёмкость — это количество энергии, необходимое для осуществления работы на одну единицу измерения перевозок, например на один приведенный тонно-километр [1–6]. Энергоёмкость — один из основных показателей энергоэффективности. Энергоёмкость перевозочной деятельности зависит как от подвижного состава, так и от организации перевозок. Если требуется оценить энергетическую эффективность тягового подвижного состава, то используется показатель «удельный расход электроэнергии/топлива на тягу».

Издание «Энергопотребление и выбросы двуокиси углерода» всех лет является продолжением аналогичного выпуска 2012 г., где определены величины удельного энергопотребления железных дорог РФ, США, Канады, Японии и Китая в 2004–2012 гг. в соответствии с методикой UIC и IEA. Авторы поставили своей задачей не просто сделать перенос и пересчет статистических данных, а представить полноценную работу, в которой определено влияние кризисов (экономических и политических) на динамику энергопотребления перевозок за последние 15–20 лет.

Для построения сравнительной характеристики необходимо определить энергоёмкость железнодорожных перевозок в Российской Федерации и в других странах. Это можно сделать, используя национальную статистику и международные источники данных.

Говоря о Российской Федерации, где доминирующее положение на рынке перевозок и наиболее значительное энергопотребление имеет ОАО «РЖД», другие же компании потребляют меньше энергоресурсов, данные Росстата и энергобаланс МЭА (*Energy Balances of non-OECD Countries*) имеют расхождение в учете по основным видам топлива. Для сравнения принимаются основные для большинства стран ТЭР из железнодорожного сектора: электроэнергия и дизельное топливо. Дан-

ТАБЛИЦА 1. Потребление топлива железными дорогами, по данным Росстата и МЭА

		2009		2010		2011		2012		2013	
Электроэнергия	Росстат, млн т у. т. /ПДж	5,284	154,861	5,635	165,15	5,624	164,825	5,784	169,515	5,672	166,233
	МЭА, МТОЕ/ ПДж	3,909	163,66	4,003	167,60	4,076	170,653	4,192	175,510	4,111	172,119
Диз. топливо	Росстат, млн. т у. т.	3,781	110,812	4,066	119,164	4,192	122,857	4,275	125,289	4,139	121,304
	МЭА, МТОЕ/ ПДж	1,793	75,069	1,634	68,412	1,824	76,367	1,860	77,874	1,801	75,404
Общее потребление	Росстат, млн. т у. т. / ПДж	9,065	265,673	9,701	284,314	9,816	287,683	10,059	294,804	9,811	287,537
	МЭА, МТОЕ/ ПДж	5,702	238,731	5,637	236,012	5,900	247,021	6,052	253,384	5,912	247,523

ные в тоннах условного топлива (по данным Росстата) и в тоннах нефтяного эквивалента, по данным МЭА, с 2009 по 2013 г. приведены в табл. 1.

Погрешность в данных различных систем учета (МЭА и Росстат) объясняется разницей способов учета. При этом МЭА получает данные от Росстата, однако впоследствии их не корректирует, а Росстат по мере получения данных от региональных представителей вносит поправки в итог (особенно это касается учета дизельного топлива, потраченного на тягу поездов). Так как временная задержка в выходе статистических данных всегда примерно одинакова, можно выявить поправку и впоследствии использовать ее для корректировки данных международной статистики. Статистические данные, приведенные к одним и тем же единицам измерения, представлены в виде графика на рис. 1.

Диаграмма наглядно показывает совпадающий общий тренд изменения рассматриваемых величин, а незначительное расхождение параметров между двумя системами обработки статистических данных объяснено выше.

Относительная погрешность учета ТЭР представлена на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что погрешность носит систематический характер и почти не изменяется год от года, составляя в среднем 13,92 %. Учитывая в расчетах поправку, соответствующую этой погрешности, можно использовать для анализа различные статистические системы, как отечественные, так и зарубежные.

Потребление энергоресурсов по видам натурального топлива железнодорожным транспортом в России определяем из данных Росстата (см. раздел 3). Данные сведены в табл. 2.

Кривую энергопотребления до 2009 г. можно построить по данным статистического сборника Handbook МЭА Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions, в котором данные кривые имеются.

Данные по грузообороту и пассажирообороту можно определить из ежегодного статистического отчета ОАО «РЖД», а также из «Транспорт в России 2020», КонсультантПлюс, Партнер.ру можно получить данные по коммерческому грузообороту и пассажирскому обо-

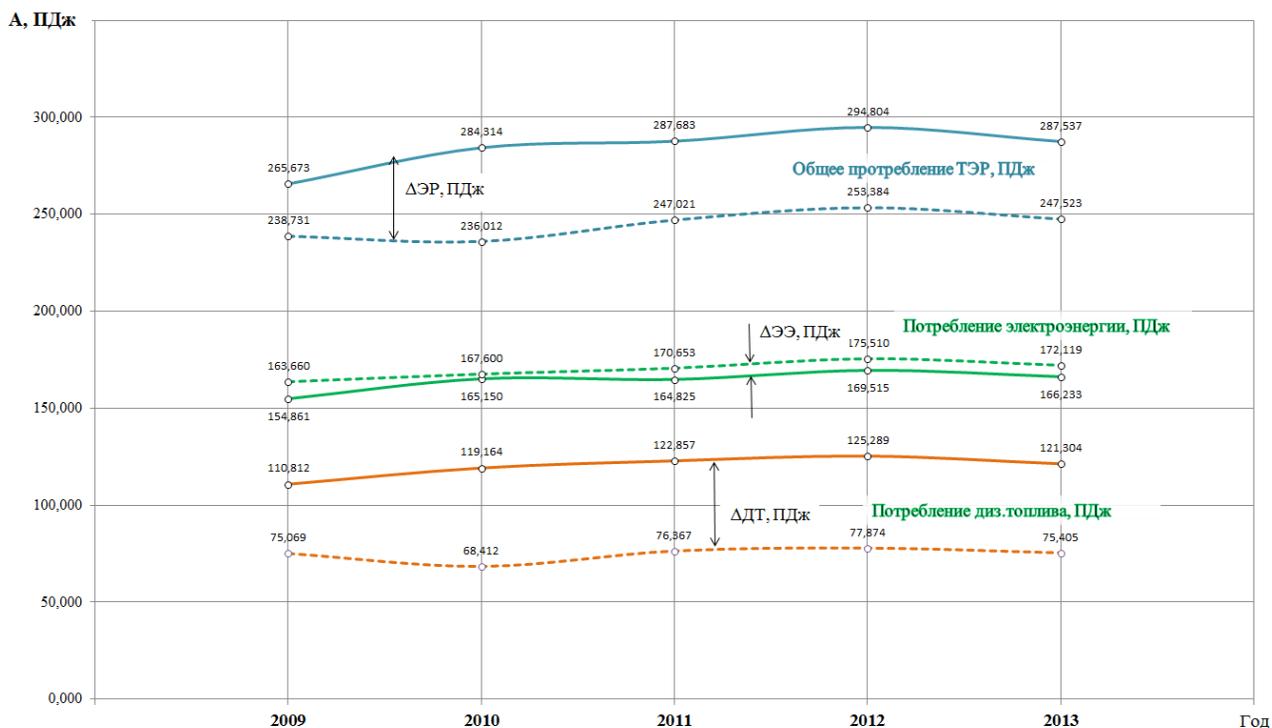


Рис. 1. Сравнение статистических данных Росстата и МЭА потребления ТЭР

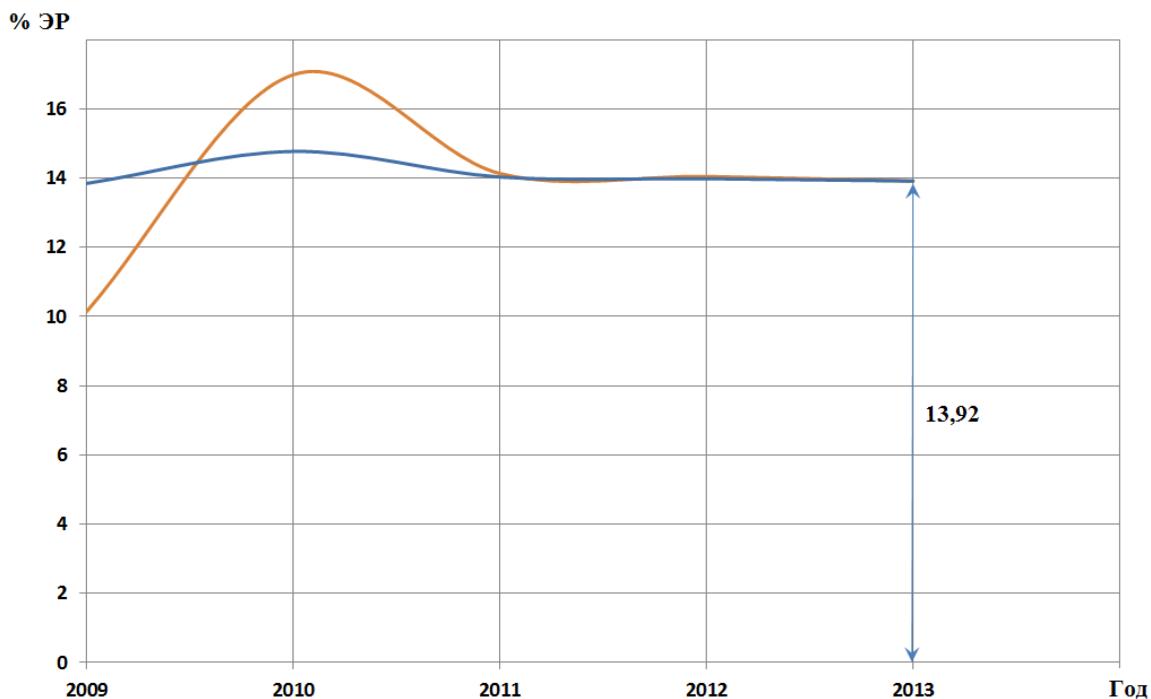


Рис. 2. График изменения относительной погрешности учета ТЭР

ТАБЛИЦА 2. Потребление натурального топлива железными дорогами России

Вид энерго-ресурса	Ед. изм.	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Электрическая энергия	млн кВт · ч	43 014	45 873	45 782	47 084	46 175	46 965	45 944	46 555	48 430	50 219	50 068	49 150
Дизельное топливо	тыс. т	2608	2804	2891	2948	2854	2767	2626	2578	2571	2647	2633	2457
Уголь	тыс. т	1977	2094	1561	1351	1234	1145	994	902,5	703,5	677,9	630,4	612,5
Мазут	тыс. т	572,4	558	487	422,8	382,9	356,7	324,1	308,6	288,8	274,5	256	231,5
Газ природный	млн куб. м	633,3	778,8	574	537,7	500,1	494,4	494,3	494,3	488,8	494,3	430,8	390,8
Бензин	тыс. т	124,8	123,6	114	111,4	108,1	99,9	75,8	34,8	34,2	37,3	37,2	36,5

ТАБЛИЦА 3. Данные по пассажиро- и грузообороту

Вид работы	2016	2017	2018	2019	2020
Пассажирские перевозки, млрд пасс-км	124,6	123,1	129,5	133,6	78
Грузовые перевозки, млрд т-км	2344,1	2493	2598	2602,5	2544,9
Приведенный грузооборот, млрд приведенных т-км	2568,7	2616,1	2727,5	2736,1	2622,9

роту. Для удобства работы с данными приведем их в табличной форме с суммой приведенного грузооборота по приведенной ниже формуле:

$$\Gamma_{\text{пр}} = \Gamma + \Pi \cdot K_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где  $\Gamma_{\text{пр}}$  — приведенный грузооборот, прив. Ткм;

$\Pi$  — пассажирооборот, пасс-км;

$K_{\text{пр}} = 1$  — коэффициент приведения.

Результаты расчетов сведены в табл. 3.

На основании приведенных данных производится расчет удельного энергопотребления (энергоёмкости) перевозочной деятельности.

По результатам расчетов построена зависимость удельного энергопотребления железнодорожного транспорта в РФ, приведенная на рис. 3. Из графика следует, что с 2006 по 2020 г. удельное энергопотребление (энергоёмкость) уменьшилась почти на 20 %. Кроме того, видно, что экономический кризис 2008 г. и связанное с ним падение перевозок практически не сказалось на удельном энергопотреблении, а кризис 2019–2020 гг., связанный с эпидемией коронавируса, вызвал рост энергоёмкости.

## Энергоёмкость перевозок в США

### Структура железнодорожной отрасли США

Ежегодник Railroad Facts дает возможность взглянуть на статистические показатели работы железных дорог США I класса в их динамике.

Совет по наземному транспорту (СНТ), являющийся Федеральным ведомством, ответственным за экономическое регулирование деятельности железнодорожного транспорта, ежегодно классифицирует железные дороги по трем видам в соответствии с их уровнем доходности: в 2019 г. к железным дорогам I класса относились дороги с годовым эксплуатационным доходом от 504,80 млн долларов и выше; к железным дорогам II класса — от 40,38 млн долларов и выше, но меньше дохода дорог I класса; к железным дорогам III класса — менее, чем минимально требуемый доход для дорог II класса. Эти пороговые финансовые критерии ежегодно пересматриваются с учетом темпов инфляции. Все сортировочные станции и терминалы относятся к железным дорогам III класса.

На железные дороги I класса США приходится большая часть перевозочной деятельности,

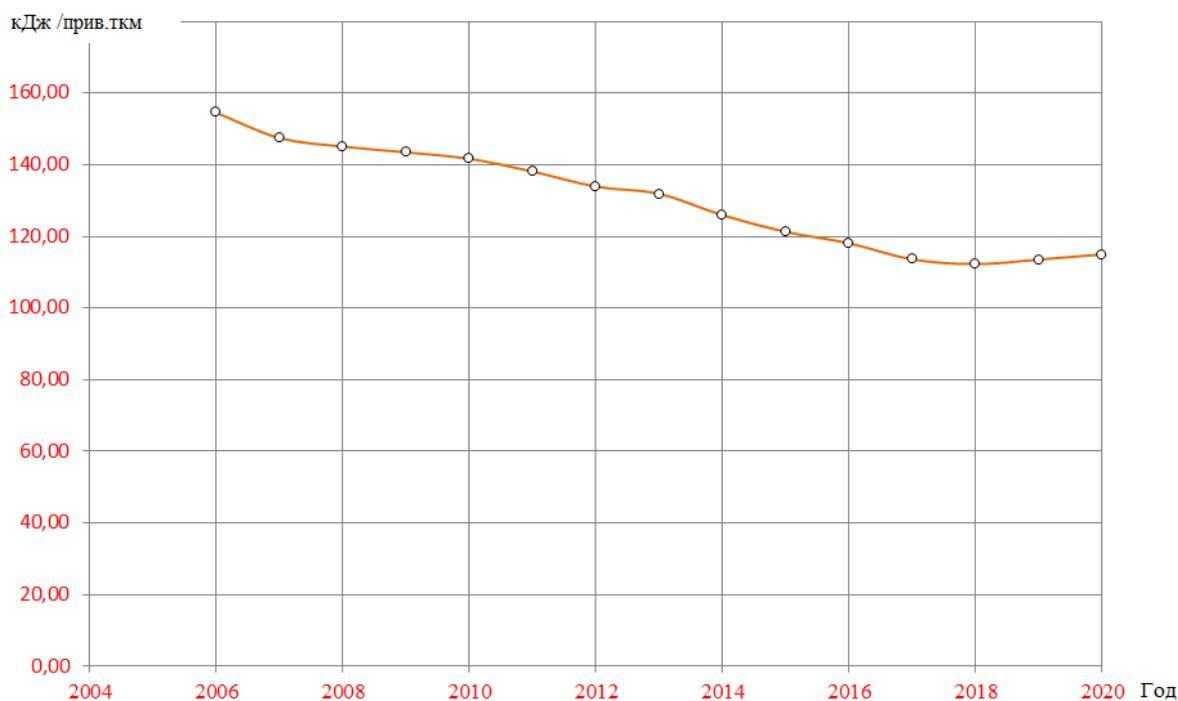


Рис. 3. Удельное энергопотребление (энергоёмкость перевозочной деятельности) железнодорожного транспорта в России

ТАБЛИЦА 4. Грузовая железнодорожная отрасль США, 2017 г.

Класс/категория железных дорог	Количество	Протяженность, км	Численность персонала, чел.	Доход, млрд долларов
Железные дороги I класса	7	149 762	147 537	\$ 67,3
Региональные	22	17 759	5801	\$ 1,3
Местные	584	52 719	13 919	\$ 2,7
Итого по США	613	220 240	167 257	\$ 71,3
Канадские железные дороги	1	76		
Всего	614	220 315		

поэтому достаточно выполнить анализ для них, а не для всей отрасли (табл. 4).

В статистических данных США грузооборот принято измерять в «коротких» тонно-милях. Поэтому для сопоставления с данными статистики ОАО «РЖД» необходимо произвести пересчет в метрические единицы измерения.

Для сопоставления показателей с данными РФ необходимо выполнить пересчет единиц измерения, так как США не перешли на полноценное

использование системы СИ. При этом грузооборот определяется по формуле:

$$\Gamma_{US, M} = \Gamma_{TM} \cdot K_{П1} \cdot K_{П2}, \quad (2)$$

где  $\Gamma_{US, M}$  — грузооборот в коротких тоннах на милю (Ton-Miles);

$\Gamma_{TM}$  — грузооборот в коротких тоннах на милю (Ton-Miles);

$K_{П1}$  — коэффициент перевода миль в км ( $K_{П1} \approx 1,609$ );

ТАБЛИЦА 5. Коммерческий грузооборот на 1 литр потребляемого топлива

Год	Revenue Ton-Miles (millions)	Fuel consumed (million gallons)	Коммерческий грузооборот, млн ткм	Потребление топлива в грузовом движении, млн литров	Коммерческий грузооборот на 1 л потребленного топлива, ткм/л
1960	572 309	3463	835 571	13 107	63,7
1970	764 809	3545	1 116 621	13 418	83,2
1980	918 958	3904	1 341 679	14 777	90,8
1990	1 033 969	3115	1 509 595	11 790	128
2000	1 465 960	3700	2 140 302	14 005	152,8
2006	1 771 897	4192	2 586 970	15 867	163,0
2007	1 770 545	4062	2 584 996	15 375	168,1
2008	1 777 236	3886	2 594 765	14 709	176,4
2009	1 532 213	3192	2 237 032	12 082	185,2
2010	1 691 004	3494	2 468 866	13 225	186,7
2011	1 729 256	3685	2 524 714	13 948	181
2012	1 712 567	3600	2 500 348	13 626	183,6
2013	1 740 687	3682	2 541 403	13 936	182,4
2014	1 851 229	3867	2 702 794	14 637	184,7
2015	1 738 283	3692	2 537 893	13 974	182,3
2016	1 585 440	3385	2 314 742	12 812	180,7
2017	1 674 784	3495	2 445 185	13 229	184,8
2018	1 729 638	3656	2 525 271	13 838	182,5
2019	1 614 498	3419	2 357 167	12 941	182,1

$K_{П2}$  — коэффициент перевода тонн коротких в тонны метрические ( $K_{П2} \approx 0,9072$ ).

Примеры расчета:

$$\Gamma_{(US)} = \Gamma_{(TM)} \cdot K_{П1} \cdot K_{П2} = 1\,614\,498 \cdot 1,609 \cdot 0,9072 = 2\,357\,167 \text{ млн т-км.}$$

Данные коммерческого грузооборота на 1 литр потребляемого топлива представлены в табл. 5.

В качестве единиц измерения топлива в США принято применять галлоны (1 галлон равен 3,785 л.)

Тогда:

$$Q_{US, л} = Q_M \cdot K_{П3}, \quad (3)$$

где  $Q_{US, л}$  — объем потребленного в США дизельного топлива, выраженный в литрах;

$K_{П3}$  — коэффициент перевода галлонов в литры ( $K_{П3} \approx 3,785$ );

$$Q_{US, л} = K_{П3} = 3419 \cdot 3,785 = 12\,941 \text{ л.}$$

Однако для корректного сопоставления с США необходимо перевести объем израсходованного дизельного топлива в массу, как это принято в РФ.

Для этого необходимо использовать плотность дизельного топлива, принятую в ЦУНР:

$$m(\text{дт US, кг}) = Q(US, л) \cdot \frac{\rho_{дт}}{1000}, \quad (4)$$

где  $m_{дт}$  — масса потребленного дизельного топлива, кг;

$\rho_{дт}$  — плотность дизельного топлива для РФ, 850 кг/м<sup>3</sup>;

$Q_{US, л}$  — объем потребленного дизельного топлива, л.

График коммерческого грузооборота ж/д класса США приведен на рис. 4. Кривая потребления топлива в грузовом движении США представлена на рис. 5.

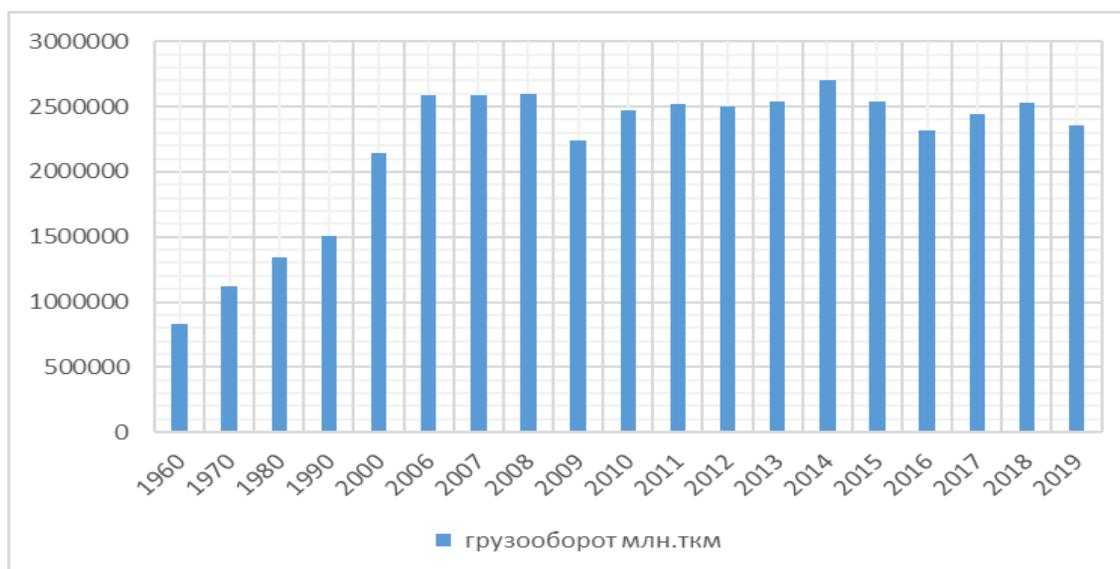


Рис. 4. Коммерческий грузооборот ж/д класса США

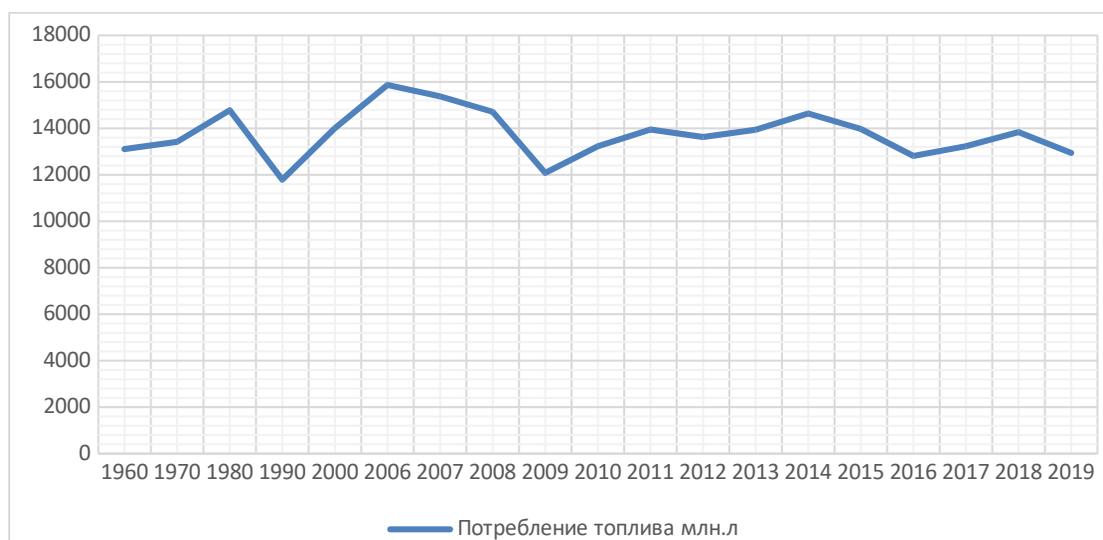


Рис. 5. Потребление топлива в грузовом движении США

График изменения энергоэффективности (грузооборот на 1 л потребляемого топлива) в США приведен на рис. 6.

Однако для сопоставления энергоэффективности перевозок РФ и США необходимо сделать это так же, как было сделано выше для железнодорожного транспорта РФ.

При этом следует учитывать, что данные по потреблению топлива (электроэнергии на тягу

крайне мало) в США из разных источников достаточно сильно различаются (рис. 7).

На рис. 8 представлено удельное энергопотребление ж/д транспорта в США для грузовых перевозок (всеми железными дорогами), ж/д I класса, а также пассажирских перевозок компании AMTRAK.

Из графиков понятно, насколько различается влияние кризисов в экономике на энергоэффек-

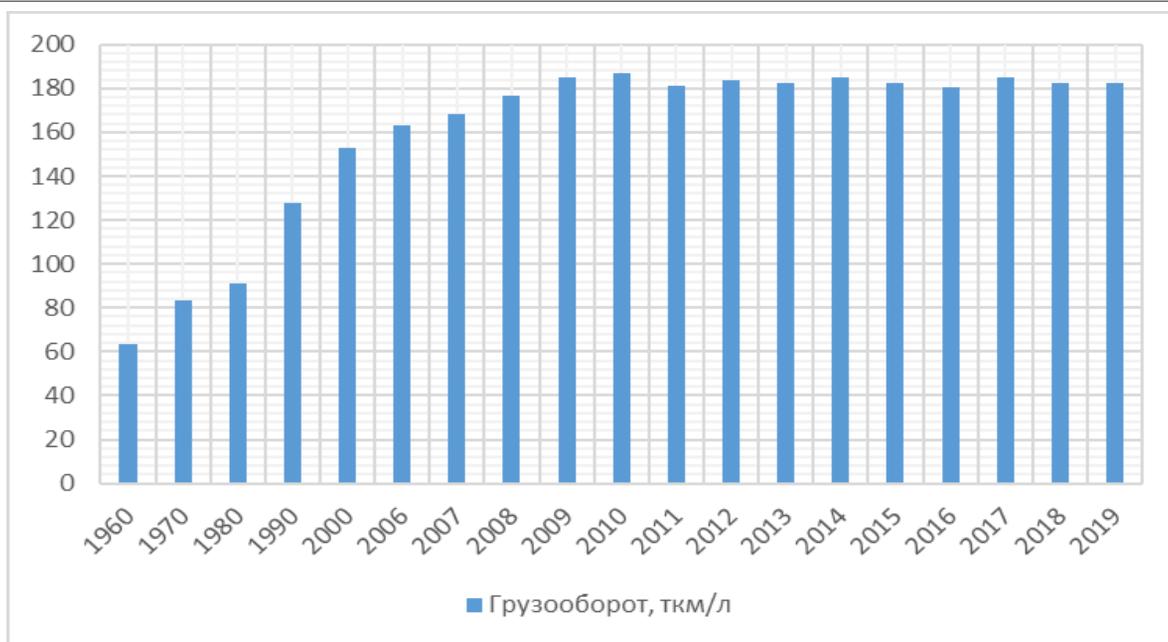


Рис. 6. Коммерческий грузооборот на 1 л потребляемого топлива

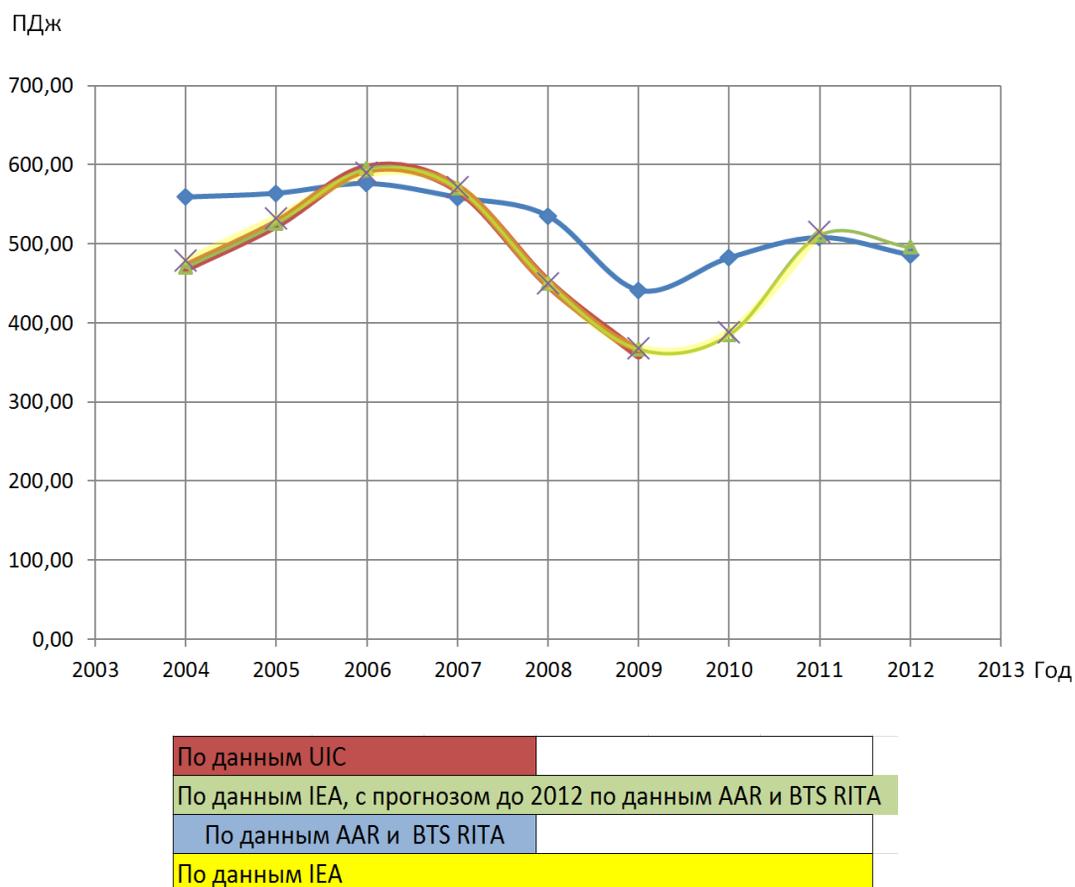


Рис. 7. Потребление топлива в США (по данным из разных источников)

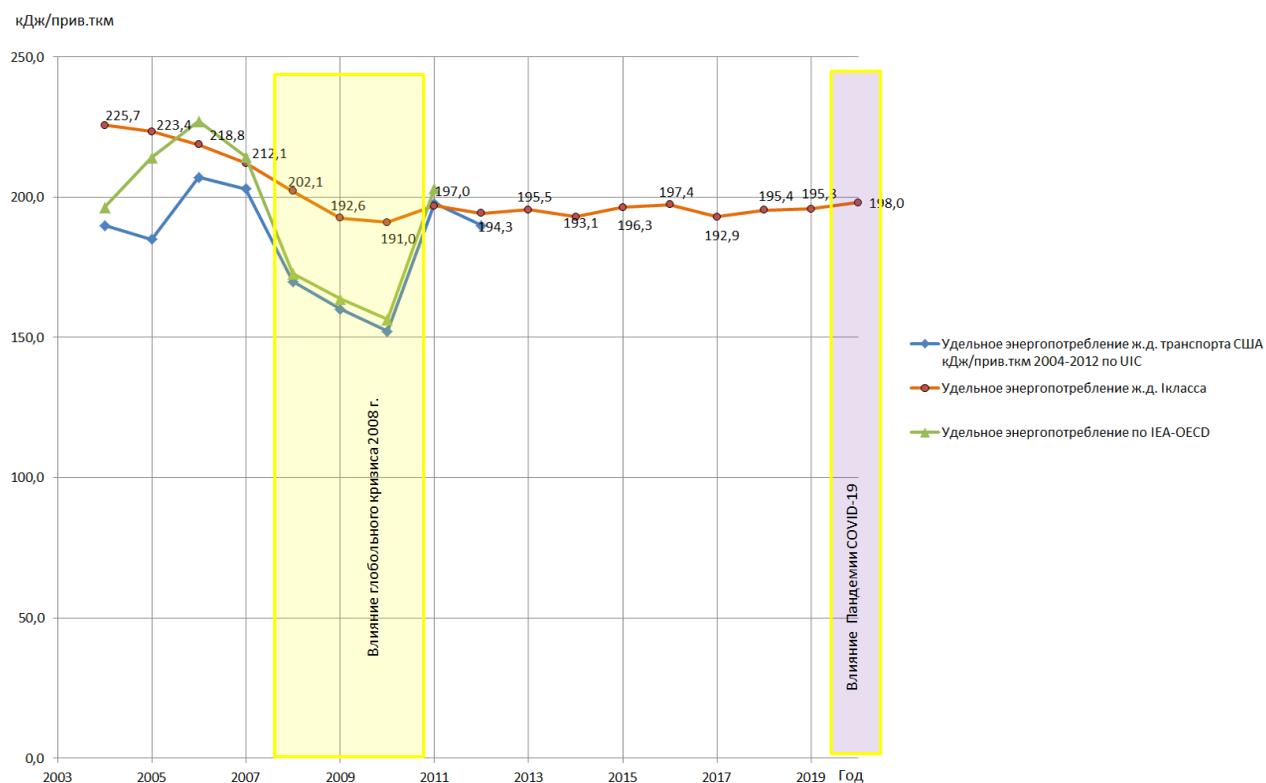


Рис. 8. Удельное энергопотребление ж/д транспорта в США

тивность перевозок. Во время экономического кризиса 2008 г. произошло падение объемов перевозок. За счет грамотного использования высвободившихся ниток графика для применения энергооптимальных режимов вождения ж/д I класса удалось снизить энергоемкость перевозок, но особенно это коснулось пассажирских перевозок, объем которых в США небольшой. В кризис COVID-19 процессы в РФ и США схожи.

### Сравнительная диаграмма энергоэффективности

Строить на одной диаграмме полученные значения для РФ и США не корректно, так как изначально они построены для конечной энергии. В то же время в РФ широко используется электрическая тяга, а в США все грузовые перевозки выполняются на тепловозной, приведение же к первичной энергии для электрической тяги и для

тепловозной выполняется по разным методикам. Однако можно учесть производство электроэнергии с использованием коэффициента условного топлива, представляемого Минэнерго РФ. Кроме того, коэффициент должен учитывать соотношение грузооборота, выполняемого на электротяге и тепловозами.

В этом случае коррекционный коэффициент можно определить по формуле:

$$K_{\text{корр1}} = 0,335 \cdot 1,45 = 0,486. \quad (5)$$

$$K_{\text{корр2}} = K_{\text{корр1}} \cdot \frac{\Gamma_{\text{б}}}{\Gamma_{\text{бэ}}}, \quad (6)$$

где  $\Gamma_{\text{б}}$  — грузооборот брутто, млн ткм брутто;  $\Gamma_{\text{бэ}}$  — доля грузооборота брутто, выполняемая электровозами.

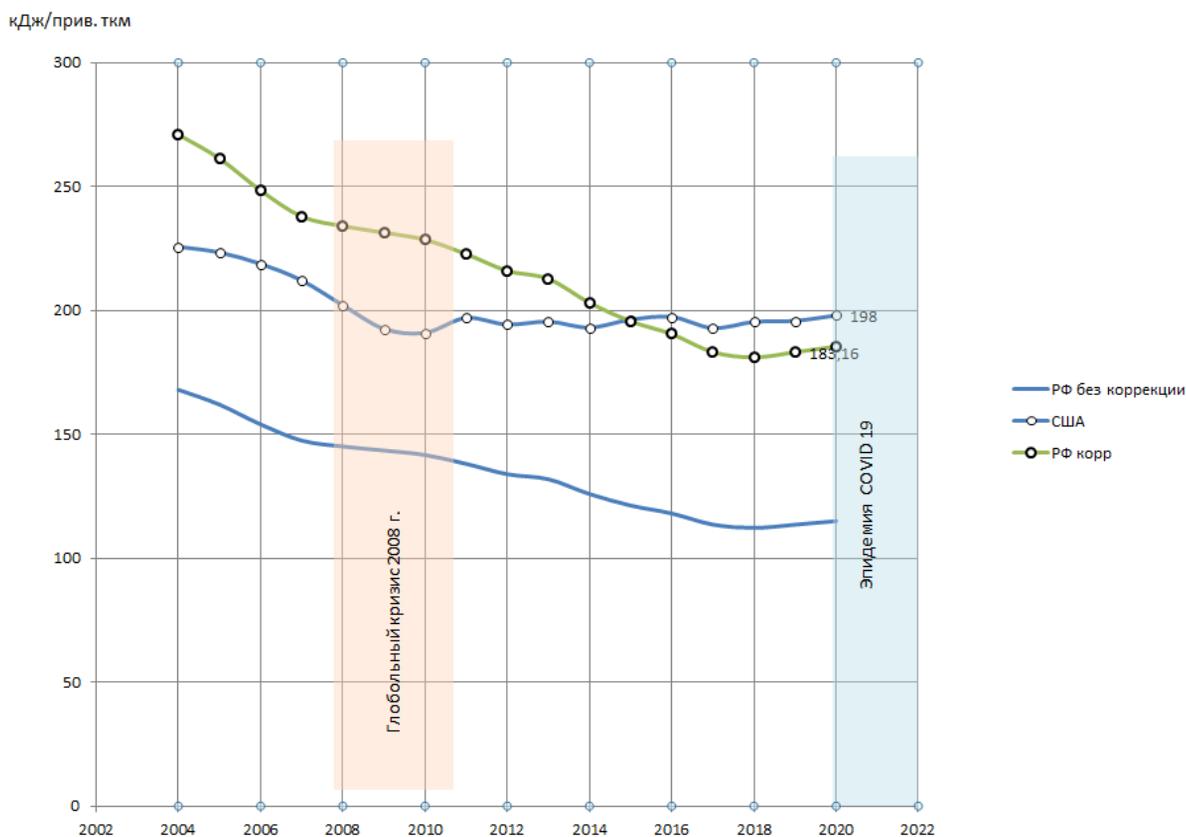


Рис. 9. Сравнительная диаграмма удельного энергопотребления (энергоёмкости перевозок) РФ и США

$$K_{\text{корр}2} = 0,486 \frac{4239199}{3287295} = 0,64.$$

В этом случае энергоёмкость будет больше, а энергоэффективность — хуже, но это необходимо только с целью сопоставления стран, где основной вид тяги различается:

$$\varepsilon_{\text{корр}} = K_{\text{корр}} \cdot \varepsilon, \tag{7}$$

где  $\varepsilon$  — энергоёмкость перевозок.

Результаты приведены на рис. 9

Из диаграммы видно, что энергоёмкость перевозок в РФ и США сопоставимы, однако в последние годы РФ даже выигрывает в основном за счет использования электротяги. В то же время реакция на кризисы разная. При кризисе 2008 г. энергоэффективность в США существенно

выросла, а в РФ осталась без изменений. Кризис, связанный с событиями на Украине, не повлиял на энергоэффективность, а кризис, связанный с эпидемией коронавируса, ухудшил энергоэффективность перевозок, так как привел к росту энергоёмкости.

### Библиографический список

1. Railway handbook Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions OECD // IEA, 2013 International Energy Agency 9 rue de la Fédération 75739 Paris Cedex 15. — France. — URL: [https://uic.org/IMG/pdf/2013\\_uic-iea\\_railway\\_handbook\\_web\\_low.pdf](https://uic.org/IMG/pdf/2013_uic-iea_railway_handbook_web_low.pdf).
2. Enwrngy Balances of non-OECD Countries 10 Aug 2015. 580 pages / English // International Energy Agency. — URL: [https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-balances-of-non-oecd-countries\\_19962843-en](https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-balances-of-non-oecd-countries_19962843-en).

3. Транспорт в России. 2020: Статистический сборник // Росстат. — М., 2020. — Т. 65. — 108 с. — URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/UbzIvBZj/Transport\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/UbzIvBZj/Transport_2020.pdf).

4. Railroad Facts. 2022: Статистический сборник // США, ежегодный. — URL: <https://www.american-rails.com/today.html>.

5. Отчет о деятельности ОАО «РЖД» в области устойчивого развития акционерное // Открытое общество «Российские железные дороги». — М., 2020. — URL: <file:///C:/Users/Adm/Downloads/Отчет%20об%20устойчивом%20развитии%20за%202020%20г..pdf>.

6. *Титова Т. С.* Оценки энергоэффективности работы железнодорожного транспорта применением специализированных удельных единиц измерения / Т. С. Титова,

А. М. Евстафьев, М. Ю. Изварин, М. В. Евстафьева // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2017. — Т. 14. — № 1. — С. 119–126.

Дата поступления: 16.05.2022

Решение о публикации: 11.07.2022

#### Контактная информация:

ИЗВАРИН Михаил Юльевич — канд. техн. наук, доц.; [misha3568723@yandex.ru](mailto:misha3568723@yandex.ru)

ЕВСТАФЬЕВА Марина Валерьевна — ассистент кафедры «Электрическая тяга»; [elt@pgups.ru](mailto:elt@pgups.ru)

ТАЛЮКИН Даниил Александрович — магистр; [daniiltalukin@gmail.com](mailto:daniiltalukin@gmail.com)

ПАВЛОВА Виктория Сергеевна — магистр; [victoriapavlova@gmail.com](mailto:victoriapavlova@gmail.com)

## Comparison of Transportation Energy Efficiency on the World Railways

M. Yu. Izvarin, M. V. Evstafieva, D. A. Talyukin, V. S. Pavlova

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

**For citation:** Izvarin M. Yu., Evstafieva M. V., Talyukin D. A., Pavlova V. Comparison of Transportation Energy Efficiency on the World Railways // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2022, vol. 19, iss. 3, pp. 537–549. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2022-3-537-549

### Summary

**Purpose:** To conduct analytical comparison of energy efficiency (specific volumetric capacity) of transportation by rail, to analyze passenger and freight turnover dynamics by years, to calculate relative error in the consumption of fuel and energy resources by rail transport, also to study the statistics of fuel and energy resources consumption for to carry out this work by the countries: Russian Federation and United States of America. To conduct analytical study of discrepancy and statistical error between the data of the world and Rosstat national statistics. To show the relation between energy efficiency of rail transportations and CO<sub>2</sub> emission level. To study the trend of changes in annual specific volumetric capacity and to suggest possible reasons for dynamics presence.

**Methods:** Analytical work with statistical data from international and domestic digests in annual dynamics by picked countries; comparison and conclusions based on considered data. **Results:** Comparative analysis of change dynamics for passenger and freight turnover annually was carried out, statistical deviation dynamics for fuel and energy resources consumption data was calculated, fuel main types consumption by rail transport was considered, energy consumption efficiency by this type of transport was calculated and energy volumetric capacity for rail transport of leading countries of the world was analyzed. **Practical significance:** Environmental

pollution problem plays a significant role in the world at the moment. Railway transport, which plays an important economic role in every country, is a major energy consumer. Equally to other energy consumers, on rail transport, it's constantly held the analysis of fuel usage efficiency and of CO<sub>2</sub> emission volumes. Comparative analysis of changes in specific energy volumetric capacity annually with hypothetical conclusions on reasons, leading to given dynamics, will make it possible to predict and provide for a timely response on the basis of first prerequisites of economic and general political changes. Analysis of energy efficiency of a railway transport will demonstrate the state of Russian railways in a dynamic comparison with Western countries and will allow to analyze positive experience of the industry development in other countries with the possibility of application in our country.

**Keywords:** Railway transportation, reduced freight turnover, passenger turnover, energy efficiency, environment, CO<sub>2</sub> emissions, specific energy volumetric capacity.

## References

1. Railway handbook Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions OECD. IEA, 2013 International Energy Agency 9 rue de la Fédération 75739 Paris Cedex 15, France. Available at: [https://uic.org/IMG/pdf/2013\\_uic-iea\\_railway\\_handbook\\_web\\_low.pdf](https://uic.org/IMG/pdf/2013_uic-iea_railway_handbook_web_low.pdf).
2. Enwrgy Balances of non-OECD Countries 10 Aug 2015. 580 pages. English. International Energy Agency. Available at: [https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-balances-of-non-oecd-countries\\_19962843-en](https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-balances-of-non-oecd-countries_19962843-en)
3. Transport v Rossii. 2020: Statisticheskiiy sbornik [Transport in Russia. 2020: Statistical collection]. *Rosstat* [Rosstat]. Moscow, 2020. 108 p. Available at: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/UbzIvBZj/Transport\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/UbzIvBZj/Transport_2020.pdf). (In Russian)
4. Railroad Facts. 2022: Statisticheskiiy sbornik [Railroad Facts. 2022: Statistical compendium]. *SShA, ezhegodnyy* [USA, annual]. Available at: <https://www.american-rails.com/today.html>. (In Russian)
5. Otchet o deyatel'nosti OAO «RZhD» v oblasti ustoychivogo razvitiya aktsionernoe [Report on the activities of JSC “Russian Railways” in the field of sustainable development joint stock]. *Otkrytoe obshchestvo «Rossiyskie zheleznye dorogi»* [Open Society “Russian Railways”]. Moscow. 2020. Available at: <file:///C:/Users/Adm/Downloads/Otchet%20ob%20ustoychivom%20razviti%20za%202020%20g..pdf>. (In Russian)
6. Titova T. S., Evstaf'ev A. M., Izvarin M. Yu., Evstaf'eva M. V. Otsenki energoeffektivnosti raboty zheleznodorozhnogo transporta primeneniem spetsializirovannykh udel'nykh edinits izmereniya [Estimates of the energy efficiency of railway transport using specialized specific units of measurement]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Proceedings of the St. Petersburg University of Communications]. 2017, vol. 14, I. 1, pp. 119–126. (In Russian)

Received: May 16, 2022

Accepted: July 11, 2022

### Author's information:

Mikhail Yu. IZVARIN — PhD in Engineering, Associate Professor; [misha3568723@yandex.ru](mailto:misha3568723@yandex.ru)

Marina V. EVSTAFIEVA — Assistant, Department “Electric Traction”; [elt@pgups.ru](mailto:elt@pgups.ru)

Daniil A. TALYUKIN — Master's Degree Student; [daniiltalukin@gmail.com](mailto:daniiltalukin@gmail.com)

Victoria S. PAVLOVA — Master's Degree Student; [victoriapavlova@gmail.com](mailto:victoriapavlova@gmail.com)