

УДК 612.141

Повышение энергоэффективности перевозочного процесса посредством снижения непроизводительных потерь на тягу поездов

В.В. Криворотова^{1 a}, А.Н. Кудряшов^{2 b}, Т.В. Коваль^{2 c}¹Иркутский государственный университет путей сообщения, ул. Чернышевского 15, Иркутск, Россия²Иркутский национальный исследовательский технический университет, ул. Лермонтова 83, Иркутск, Россия^aVV_Xapra@mail.ru, ^bkan@istu.irk.ru, ^ckovaltv@istu.irk.ru

Статья получена 12.07.2015, принята 6.09.2015

Снижение расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) является важной задачей ОАО «РЖД». Потребление ТЭР на тягу поездов в 2014 г. составило 1,35 млн т в условном исчислении, что выше уровня предыдущего года на 0,5 % при росте объема перевозок в на 5 % относительно уровня прошлого года. Финансовые затраты составили 8,8 млрд р., что также превышает значение 2013 г. на 6 %. Расходы в тепловозной тяге снизились на 1,4 %, а в электротяге — увеличились на 9,4 %. Это связано с ростом цен на энергетические ресурсы. Рост цены за 1 кВт·ч электроэнергии относительно предыдущего года составил 7,0 %, увеличение расходов — более 418,0 млн р., а средняя стоимость 1 кВт·ч электроэнергии в 2014 г. — 1,76 р. против 1,64 р. в 2013 г. В тепловозной тяге рост цены за 1 т дизельного топлива составил 7,8 %. Стоимость 1 т дизельного топлива составила 21 тыс. р., в 2013 г. — 19,6 тыс. р., что привело к увеличению расходов на 175 млн р. Снижение удельного расхода ТЭР относительно 2013 г. в электротяге уменьшило расходы на 97,5 млн р., в тепловозной тяге — на 268,2 млн р. На Восточно-Сибирской железной дороге разработаны различные программы, направленные на повышение квалификации персонала и технического состояния энергетической установки; укрепление взаимодействия с научными учреждениями по разработке новых подходов в анализе разнородной информации; улучшение качества работы с производителями локомотивов и комплектующих к ним; использование бенчмаркинга; повышение качества статистического и управленческого учета. Выполнение мероприятий по увеличению эффективности локомотивов позволит обеспечить дальнейшее снижение непроизводительных расходов ТЭР на тягу поездов, в том числе и на Восточно-Сибирской железной дороге.

Ключевые слова: топливно-энергетические ресурсы, энергоэффективность, локомотивный парк.

Improving energy efficiency in transportation process by reducing non-productivity losses for train traction

V.V. Krivorotova^{1 a}, A.N. Kudryashov^{2 b}, T.V. Koval^{2 c}¹Irkutsk State Transport University; 15, Chernishevsky St., Irkutsk, Russia²Irkutsk State Technical University; 83, Lermontov St., Irkutsk, Russia^aVV_Xapra@mail.ru, ^bkan@istu.irk.ru, ^ckovaltv@istu.irk.ru

Received 12.07.2015, accepted 6.09.2015

Reducing consumption of fuel and energy resources is an important task of JSC Russian Railways. The consumption of fuel and energy resources for train traction amounted to 1.35 million tons in conventional terms in 2014 which is higher than the previous year by 0.5%, while traffic was 5% higher to the previous year. Financial expenses amounted to 8.8 bn. rub. which also exceeds the value of 2013 by 6%. Expenses for diesel traction are decreased by 1.4%, while in electric traction expenses are increased by 9.4%. This is due to the increase in energy prices. Increase in prices for 1 kW/h of electricity was 7.0% in comparison with the previous year, increase in expenses was over 418.0 mln rub, the average cost of 1 kW/h of electricity in 2014 was 1.76 rub. against 1.64 rub. in 2013. The increase in price for diesel traction for 1 ton of diesel fuel amounted to 7.8%. The cost of 1 ton of diesel fuel amounted to 21 thousand rub, in 2013 it was 19.6 thousand rub, which led to an increase in costs by 175 mln rub. Reducing the specific consumption of fuel and energy resources with respect to 2013 reduced expenses in electric traction by 97.5 mln rub, in diesel traction by 268.2 mln rub. East Siberian Railway has developed various programs aimed at improving staff qualification and technical condition of electric power unit; at strengthening cooperation with research institutions to develop new approaches to the analysis of various information; at improving working quality with manufacturers of locomotives and their components; at applying benchmarking; at improving the quality of statistical and managerial accounting. Implementation of measures on improving locomotive efficiency will allow ensuring further reduction of non-productivity losses in fuel and energy resources for train traction including East Siberian Railway.

Key words: fuel and energy resources; energy efficiency; locomotives.

Введение. Проблемы рационального использования топливно-энергетических ресурсов пользуются приоритетом в любой отрасли промышленности. Энергетический кризис сказался также на структуре топливо-

использования. Развитие генерирующих машин требует увеличения единичной мощности двигателя и его экономичности. С учетом неблагоприятных долгосрочных тенденций развития рынка энергоресурсов и необ-

ходимости безусловного обеспечения возрастающих объемов становится актуальными оптимизация энергопотребления и реализация комплексных мероприятий по экономии топливных ресурсов.

Основные показатели потребления топливно-энергетических ресурсов. Потребление топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на тягу поездов в 2014 г. составило 1,35 млн т в условном исчислении, что выше уровня предыдущего года на 0,5 % при росте объема перевозок на 5 % относительно уровня прошлого года [1].

Финансовые затраты составили 8,8 млрд р., т. е. больше 2013 г. на 6 %. Расходы в тепловозной тяге снижены на 1,4 %, а в электротяге увеличены на 9,4 %, что связано с ростом цен на энергетические ресурсы.

Рост цены 1 кВт·ч электроэнергии относительно предыдущего года составил 7,0 %, увеличение расходов — более 418,0 млн р. Средняя стоимость 1 кВт·ч электроэнергии в 2014 г. 1,76 р. против 1,64 р. в 2013 г.

В тепловозной тяге рост цены 1 т дизельного топлива составил 7,8 %. Стоимость 1 т дизельного топлива составила 21 тыс. р. (2013 г. — 19,6 тыс. р.), что привело к увеличению расходов на 175 млн р.

Снижение удельного расхода ТЭР относительно прошлого года в электротяге уменьшило расходы на 97,5 млн р., в тепловозной тяге — на 268,2 млн р. (табл. 1).

На снижение энергоёмкости в тепловозной тяге повлияло изменение структуры парка магистральных тепловозов и перераспределение по родам работы на расход электроэнергии по дороге (табл. 2).

Таблица 1

Сравнение показателей на электро- и теплотяге

<i>Электротяга</i>				
	12 мес. 2013 г. факт	12 мес. 2014 г. план	12 мес. 2014 г. факт	2014/2013 гг. %
Работа, млн т·км брутто	281 462	286 428	291 821	103,7
Удельный расход, кВт·ч/10 тыс. т·км	128,8	127,4	126,2	98,0
<i>Теплотяга</i>				
	12 мес. 2013 г. факт	12 мес. 2014 г. план	12 мес. 2014 г. факт	2014/2013 гг. %
Работа, млн т·км брутто	13 171	13 449	13 371	101,5
Удельный расход, кг у.т./10 тыс. т·км	99,3	90,9	88,8	89,4

Таблица 2

Структура работ и удельный расход по видам движения

Вид движения	Доля работы, %		Удельный расход, кВт·ч/10 тыс. т·км	
	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Грузовое	93,71	94,90	119,40	117,85
Пассажирское	4,07	3,55	172,23	173,31
Хозяйственное	1,68	1,10	258,95	299,22
Маневровое	0,00	0,00		
Маневровый пробег, доля	0,022	0,018	2 227,92	2 323,90
Пригородное	0,54	0,45	317,05	321,89
Всего по ЭПС	100	100	125,46	123,14

Положительно повлияли на энергоёмкость грузоперевозок следующие факторы:

- увеличение веса поезда на 0,7 %;
- повышение участковой скорости на 3,9 км/ч;
- повышение температуры воздуха на 1,2 °С.

Суммарное снижение расхода электроэнергии от вышеуказанных показателей составило 99,7 млн кВт·ч. Повышен эффект рекуперативного торможения на 0,7 кВт час / 10 тыс. т·км, что позволило сократить расходы на 26,3 млн кВт·ч. Положительное влияние на энергоёмкость грузоперевозок оказало повышение температуры окружающей среды относительно прошлого года,

снижение расходов по этой причине составило более 10,0 млн кВт·ч.

Отрицательно повлияли на энергоёмкость грузоперевозок:

- рост порожнего пробега вагонов на 0,6 %;
- рост технической скорости на 2,1 км/ч;
- снижение нагрузки на ось на 0,3 %.

Расход по вышеуказанным причинам составил 114,6 млн кВт·ч. При выполнении объема работы к уровню прошлого года на 101,5 % потребление дизельного топлива снижено на 9,2 %, за счет уменьшения удельного расхода на 10,6 % экономия составила 1 936 т (табл. 3, 4).

Таблица 3

Структура работ и использование дизельного топлива

Вид движения	Доля работы, %			Удельный расход, кг/10 тыс. т-км		
	2013 г.	2014 г.	+/-, %	2013 г.	2014 г.	+/-, %
Грузовое	88,77	89,60	0,83	67,7	61,7	-8,9
Пассажирское	3,03	2,98	-0,05	103,4	100,9	-2,5
Пригородное	0,07	0,03	-0,04	146,4	123,8	-15,4
Хозяйственное	7,01	6,21	-0,80	239,8	196,8	-17,9
Маневровое	1,12	1,18	0,06			
Маневровый пробег, доля, не %	5,46	5,41	-0,05	351,6	337,7	-4,0
Итого	100	100		99,4	88,8	-10,6

Таблица 4

Структура парка локомотивов грузового движения

	2013 г.		2014 г.	
	Доля работы, %	Удельный расход, кг у.т.	Доля работы, %	Удельный расход, кг у.т.
2ТЭ10м	5,20	66,64	1,32	59,56
2ТЭ10у	1,44	113,06	0,18	129,90
3ТЭ10м	26,44	72,05	3,99	68,27
3ТЭ10у	27,10	72,87	5,84	67,83
2ТЭ10мк	24,89	59,76	68,13	62,47
2ТЭ11бу	6,61	48,38	5,94	42,18
4ТЭ10с	3,10	72,87	0,19	77,11
2ТЭ10ук	2,77	83,25	7,83	61,99
3ТЭ10мк	0,07	59,83	2,04	86,38
2ТЭ25А	2,29	43,69	4,40	47,35
Прочие	0,09	134,65	0,14	52,71
Итого	100,00	67,70	100,00	61,69

Положительно повлияли на расход дизельного топлива:

повышение температуры воздуха на 1,2 °С (снижение потребления на 72 т);

уменьшение простоя в ожидании работы (снижение потребления на 845 т).

Негативно повлияли на энергоёмкость:

снижение веса грузового поезда на 2,1 %;

снижение нагрузки на ось на 1,0 %;

снижение коэффициента участковой скорости на 1,1 %;

увеличение порожнего пробега на 0,6 %.

Суммарное увеличение расхода по эти причинам составило 1,1 тыс. т.

Объем хозяйственной работы уменьшился на 10,1 %. Маневровый пробег тепловозов составил 7,2 млн км. Удельный расход снижен к предыдущему году в хозяйственном движении на 17,9 % (табл. 5). В маневровой работе удельный расход снижен на 4,0 % .

Таблица 5

Структура парка маневрового и хозяйственного движения

Количество секций тепловоза	2013 г.			2014 г.		
	Доля работы, %	Удельный расход, кг/10 ⁴ т-км брутто	Составляющие в удельном расходе, кг/10 ⁴ т-км брутто	Доля работы, %	Удельный расход, кг/10 ⁴ т-км брутто	Составляющие в удельном расходе, кг/10 ⁴ т-км брутто
Односекционный	41,2	720,4	297,0	39,9	742,1	295,9
Двухсекционный	45,5	279,3	127,1	53,7	198,1	106,3
Трехсекционный	13,3	141,7	18,8	6,4	162,6	10,5
Итого	100,0	442,9	442,9	100,0	412,7	412,7

Всего за 2014 г. на горячий простой локомотивов без бригады израсходовано 5,6 тыс. т дизельного топлива (снижение к 2013 г. на 845 т) и электроэнергии (снижение на 7,1 млн кВт·ч).

Всего на горячий простой израсходовано 118,0 млн кВт·ч электроэнергии и 11,3 тыс. т дизельного топлива, из них:

- на станциях — 92,4 млн кВт·ч и 5,7 тыс. т;
- под депо — 25,7 млн кВт·ч и 5,6 тыс. т.

Главными видами задержек с локомотивной тягой являются задержки у запрещающих сигналов светофоров (79,0 % от общего количества), из них 11,1 % задержек у входных сигналов; 14,7 % — у маршрутных и 74,2 % — у проходных запрещающих сигналов.

Значительную долю задержек поездов составляют посадка / высадка работников, не предусмотренные графиком движения (9,6 %) и остановка при разрешающем сигнале светофора на перегоне (7,0 %). Дополнительный расход на остановку / разгон составил более 22,6 млн кВт·ч и 184,2 т дизельного топлива. Ограничения скорости движения по выданным предупреждениям за 12 месяцев принесли дополнительный расход электроэнергии (179,3 млн кВт·ч) и дизельного топлива (1,4 тыс. т). Нагон пассажирских поездов на

участках электровозной тяги составил 2 179 ч, расход электроэнергии — 2,0 млн кВт·ч. Время нагона опозданий пассажирских поездов на участках тепловозной тяги снижено на 0,6 %. Потери топлива на нагон поездов составили 28,4 т.

Повышение качества технического содержания тепловозов позволило снизить потери на 613 т. Применение электронных систем автоведения на пассажирских поездах позволило сэкономить 2 395 тыс. кВт·ч электроэнергии [4].

Повышение энергоэффективности локомотивов.

На Восточно-Сибирской железной дороге в режиме реального времени применяются различные воздействия и управляющие решения, позволяющие оптимизировать весь локомотивный комплекс. Более сотни различных факторов непрерывно воздействуют на энергетическую установку локомотива, предназначенную для преобразования тепловой и электрической энергии в энергию движения. Для повышения эффективности работы в ОАО «РЖД» применен комплексный подход через Центр оперативного управления (ЦОУ) (рис. 1), объединяющий весь диспетчерский персонал структур, обслуживающих локомотивное хозяйство [5–8].



Рис. 1. Центр оперативного управления процессами

Разработаны различные программы, направленные на повышение:

- квалификации персонала;
- технического состояния энергетической установки;
- взаимодействия с научными учреждениями по выработке новых подходов в анализе разнородной информации;
- качества работы с производителями локомотивов и комплектующих к ним;
- использование бенчмаркинга;
- повышение качества статистического и управленческого учета.

На сегодняшний день при реализации проекта «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте» (РТС) локомотивный парк Дирекции тяги ОАО «РЖД» оборудован средствами регистрации параметров работы тепловоза и контроля расхода дизельного топлива (АПК «Борт», РПРТ, РПДА, АСК ВИС), прогрева дизель-генераторной установки маневровых тепловозов, системами электронного управляемого впрыска топлива (ЭСУВТ).

В локомотивном комплексе ОАО «РЖД» имеется еще достаточно резервов для снижения непроизводительного расхода ТЭР на тягу поездов [8–14] и повы-

шения энергетической эффективности перевозочного процесса [15–18], которые могут быть реализованы за счет [2]:

модернизации серийных тепловозов с дизелями Д100 на Д49 с пониженным на 3–5 % потреблением дизельного топлива;

внедрения ресурсосберегающих систем ЭСУВТ на всех типах дизельных установок с гарантированным сокращением потребления топлива до 10 % и более;

гибкого регулирования режимов прогрева;

перехода на асинхронные тяговые двигатели;

применения транзисторных преобразователей в силовых и управляющих цепях;

безразборной химической промывки системы водяного охлаждения дизеля;

создания современной автоматизированной системы мониторинга энергетической эффективности перевозочного процесса.

Выполнение этих мероприятий по повышению эффективности локомотивов позволит обеспечить дальнейшее снижение непроизводительных расходов ТЭР на тягу поездов, в т. ч. и на Восточно-Сибирской железной дороге.

Заключение

Выполнен сравнительный анализ потребления ТЭР и финансовых затрат 2013 и 2014 гг. Приведены показатели на электро- и теплотягу, а также структура парка локомотивов грузового, маневрового и хозяйственного движения, работ и удельного расхода по видам движения. Проведен анализ проблем простоев и задержек локомотивов. На Восточно-Сибирской железной дороге применяются в режиме реального времени различные воздействия и управляющие решения, позволяющие оптимизировать весь локомотивный комплекс. Разработаны различные программы, направленные на повышение эффективности использования и снижение непроизводительного расхода ТЭР.

Литература

1. Гапанович В.А. Энергосбережение на железнодорожном транспорте. М.: Интехэнергоиздат: Теплотехника, 2014. 304 с.
2. Грачев В.В., Курилкин Д.Н., Ким С.И., Сергеев С.В. Влияние переходных процессов дизель-генераторной установки тепловоза серии 2ТЭ116У на его эксплуатационные показатели // Сб. материалов междунар. научно-техн. конф. «Локомотивы - XXI век». СПб., 2013. С. 139-140.
3. Обоснование допустимого значения ПЭЛ, разделяющего зоны удовлетворительной и неудовлетворительной после-ремонтной энергоэффективности тепловозов, в вероятностном аспекте: отчет о НИР / ООО «Техтранс-Д»; рук. П.А. Васин. СПб., 2014. 111 с.
4. Статистические материалы ОАО «РЖД» 2014-2015 гг. ДЦНТИ ВСЖД. М., 2015. № 5. С. 234-345.
5. Каргапольцев С.К., Начигин В.А. Стратегические основы обеспечения безопасности на Восточно-Сибирской железной дороге // Сб. материалов междунар. научно- практ. конф. «Социально - Экономические и правовые проблемы обеспе-

чения безопасности региона». 19-21 февр. 2015 г. Иркутск, 2015. С. 106-111.

6. Kashtanov Y.B., Natshigin V.A., Mihailov Y.L. Prognostication Organization and Modeling of Situations - Aimed at Preventing the Traffic Incidents Related to the Ensuring of Trains' Running Safety. The Third International Symposium on Innovation and Sustainability of Modern Railway (ISMR'2012), Nanchang, China, September 20-21, 2012. P. 840-847.

7. Начигин В.А., Кудряшов А.Н., Коваль Т.В., Начигин А.В. Перспективы развития энергетических установок нового поколения в рамках энергетической стратегии ОАО «РЖД» // Вестн. ВСГУТУ. 2014. № 6 (51). С. 53-60.

8. Фролов В.Ф., Начигин В.А. Центр оперативного управления дороги - основа укрепления горизонтальных связей и повышения уровня безопасности движения // Материалы 14-й международной НТК «Обеспечение безопасности движения поездов на современном этапе». М., 2013. С. 24-27.

9. Гапанович В.А. Перспективные направления повышения энергетической эффективности ОАО «РЖД» // Железнодорожный транспорт. 2008. № 8. С. 3-7.

10. Чаплинский С.И. Повышение эффективности работы локомотивов // Наука и техника транспорта. 2007. № 2. С. 41-44.

11. Балабин В.Н. Перспективы развития локомотивных энергетических установок нового поколения // Вестн. машиностроения. 2008. № 8. С. 75-79.

12. Начигин В.А., Кудряшов А.Н., Начигин А.В. Анализ использования тепловой и электрической энергии на железнодорожном транспорте // Материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири». Иркутск, 2013. С. 351-355.

13. Игин В.Е., Захватов А.В., Игин О.В. Резервы повышения энергоэффективности тепловозов // Локомотив. 2013. № 3. С. 2-3.

14. Шацких О.А., Начигин В.А. Предложения по совершенствованию эксплуатации инфраструктурного комплекса на современном этапе развития ОАО «РЖД» // Материалы пятой международной науч.-практ. конф., посвященной 40-летию начала строительства Байкало-Амурской магистрали «Транспортная инфраструктура Сибирского региона». Иркутск: ИрГУПС, 2014. Т. 1. С. 73-78.

15. Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 13 нояб. 2009 г. № 1715-р. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс»

16. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: федер. закон от 23. нояб. 2009 г. № 261-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

17. Начигин В.А. Программа энергосбережения на ВСЖД // Материалы всерос. конф. «Энергоэффективность, энергосберегающие технологии в образовательном секторе и социальной сфере». Иркутск, 2009. С. 84-88.

18. Каштанов Ю.Б., Начигин В.А. Решение проблем инновационного развития железнодорожного транспортного комплекса // Материалы 3-й междунар. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем LSD'2009». М., 2009. Т. 2. С. 79-81.

References

1. Gapanovich V.A. Power saving in rail transport. M.: Intekhenenergoizdat: Teplo-tehnika, 2014. 304 p.
2. Grachev V.V., Kurilkin D.N., Kim S.I., Sergeev S.V. Influence of transient diesel generator set series of the locomotive 2TE116U its operational performance // Sb. materialov mezhdunar. nauchno-tekhn. konf. «Lokomotivy - XXI vek». SPb., 2013. P. 139-140.
3. Justification allowable PEL separating zone satisfactory and unsatisfactory efficiency renovated locomotives in probability aspect: otchet o NIR / OOO «Tekhtrans-D»; ruk. P.A. Vasin. SPb., 2014. 111 p.
4. Statistical materials «Russian Railways» 2014-2015 DTSNTI VSZHD. M., 2015. № 5. P. 234-345.
5. Kargapol'tsev S.K., Nachigin V.A. Strategic framework for ensuring security in the East Siberian Railway // Sb. materialov mezhdunar. nauch.- prakt. konf. «Sotsial'no - Ekonomicheskie i pravovye problemy obespecheniya bezopasnosti regiona». 19-21 fevr. 2015 g. Irkutsk, 2015. P.106-111.
6. Kashtanov Y.B., Natshigin V.A., Mihailov Y.L. Prognostication Organization and Modeling of Situations - Aimed at Preventing the Traffic Incidents Related to the Ensuring of Trains' Running Safety. The Third International Symposium on Innovation and Sustainability of Modern Railway (ISMR'2012), Nanchang, China, September 20-21, 2012. P. 840-847.
7. Nachigin V.A., Kudryashov A.N., Koval' T.V., Nachigin A.V. Prospects for development of a new generation of power plants under the Energy Strategy «Russian Railways» // Vestn. VSGUTU. 2014. № 6 (51). P. 53-60.
8. Frolov V.F., Nachigin V.A. Center of operational management of the road - the basis of strengthening horizontal linkages and improve traffic safety // Materialy 14-i mezhdunarodnoi NTK «Obespechenie bezopasnosti dvizheniya poezdov na sovremenom etape». M., 2013. P. 24-27.
9. Gapanovich V.A. Prospects for improving energy efficiency of JSC «Russian Railways» // Zheleznodorozhnyi transport. 2008. № 8. P. 3-7.
10. Chaplinskii S.I. Improving the efficiency of locomotives // Science and Technology in Transport. 2007. № 2. P. 41-44.
11. Balabin V.N. Prospects for the development of locomotive power plants of new generation // Russian Engineering Research. 2008. № 8. P. 75-79.
12. Nachigin V.A., Kudryashov A.N., Nachigin A.V. Analysis of the use of heat and electricity in rail transport // Materialy vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem «Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri». Irkutsk, 2013. P. 351-355.
13. Igin V.E., Zakhvatov A.V., Igin O.V. Reserves of energy efficiency of locomotives // Lokomotiv. 2013. № 3. P. 2-3.
14. Shatskikh O.A., Nachigin V.A. Proposals for cooperation improvement infrastructural complex at the present stage of development of «Russian Railways» // Materialy pyatoi mezhdunarodnoi nauchno-prakt. konf., posvyashchennoi 40-letiyu nachala stroitel'stva Baikalo-Amurskoi magistrali «Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona». Irkutsk : IrGUPS, 2014. T. 1. P. 73-78.
15. Order of the Government of the Russian Federation «On the Energy Strategy of Russia for the period up to 2030» [Elektronnyi resurs]: rasporyazhenie Pravitel'stva Ros. Federatsii ot 13 noyab. 2009 g. № 1715-r. Dostup iz sprav.-pravovoi sistemy «Konsul'tant Plyus».
16. Federal Law «On energy saving and energy efficiency improvements and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation» [Elektronnyi resurs]: feder. zakon ot 23. noyab.2009 g. № 261-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoi sistemy «Konsul'tant Plyus».
17. Nachigin V.A. Energy Saving Program in the East-Siberian Railway // Materialy vseros. konf. «Energoeffektivnost', energosberegayushchie tekhnologii v obrazovatel'nom sektore i sotsial'noi sfere». Irkutsk, 2009. P. 84-88.
18. Kashtanov Yu.B., Nachigin V.A. Solving problems of innovative development of railway transporting complex // Materialy 3-i mezhdunar. konf. «Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnykh sistem LSD'2009». M., 2009. T. 2. P. 79-81.