

Учет энергопотребления пассажирских электровозов в локомотивных эксплуатационных депо

Е. В. АУЛОВ, В. А. КУЧУМОВ, Е. Е. КОССОВ, Н. Н. ШИРОЧЕНКО

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. Приведены результаты сравнительного статистического анализа первичных материалов из локомотивных эксплуатационных депо по энергопотреблению пассажирских электровозов серий ЭП20, ЭП2К, ЭП1М. Материалы свидетельствуют, что наибольший удельный расход электроэнергии имеют пассажирские электровозы с составами из двухэтажных пассажирских вагонов. Сравнение удельных расходов электровозов ЭП20 и ЭП2К постоянного тока с однотипными пассажирскими вагонами показало, что у первого на равнинном участке удельный расход заметно превышает уровень электровоза ЭП2К. При электротяге переменного тока удельный расход ЭП20 практически равен удельному расходу электровоза ЭП1М. Сравнительный анализ нагрузки электровозов ЭП20 при ведении пассажирских поездов на участках как постоянного, так переменного токов показал недогруженность электровоза, что вызывает понижение его КПД и, как следствие, перерасход электроэнергии.

Ключевые слова: электровозы с асинхронными тяговыми электродвигателями; энергопотребление; локомотивные эксплуатационные депо; двухэтажные и одноэтажные пассажирские вагоны

Введение. Энергоэффективность перевозочно-го процесса и пути ее повышения постоянно находятся в зоне повышенного внимания руководства ОАО «РЖД». В 2015 г. по инвестиционному проекту было закуплено 500 новых локомотивов, тем не менее оказалось, что не все из них имеют удовлетворительные показатели энергоэффективности. По обобщенным отчетным данным ОАО «РЖД» [1], у пассажирских электровозов отмечены относительно высокие эксплуатационные показатели расхода электроэнергии, особенно это касается электровоза ЭП20 (табл. 1). Между тем вопросы повышения энергоэффективности локомотивов и учета расхода ими электроэнергии были достаточно подробно рассмотрены, например, в [2–8]. Сравнение энергетической эффективности тягового электропривода электровозов переменного тока на основе коллекторных и асинхронных двигателей [9] показало, что главную роль играет возврат электроэнергии в сеть при движении электровоза, причем у электровозов с асинхронными двигателями (2ЭС5) возвращается на 10% меньше энергии, чем у электровозов с коллекторными двигателями (3ЭС5К).

■ E-mail: elektrovov@list.ru (В. А. Кучумов)

Таблица 1

Среднеэксплуатационные показатели расхода электроэнергии современными электровозами

Table 1

Average operating parameters of electricity consumption by modern electric locomotives

Параметр	Пассажирские электровозы		
	ЭП1М переменного тока	ЭП20 на два рода тока	ЭП2К постоянного тока
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/10 ⁴ т·км брутто	157,6	180,7	149,2

Особенности учета энергопотребления пассажирских электровозов. Пассажирские электровозы ЭП2К и ЭП20 оборудованы полноценной системой учета потребляемой энергии, состоящей из электросчетчиков, датчиков тока и датчиков напряжения, регулярно поверяемых в установленном порядке [10]; на ЭП1М учет осуществляется по упрощенной схеме, которая может иметь существенные погрешности [11].

Линия Москва—Адлер, на которой обращаются скорые пассажирские поезда с электровозами ЭП20 [12, 13], ЭП2К и ЭП1М, характеризуется разными видами тока и разнообразными типами профилей (табл. 2).

Маршрутные листы от локомотивных бригад скорых и пассажирских поездов, обращающихся на линии Москва—Адлер, с записями показаний электросчетчиков сдаются в локомотивные эксплуатационные депо, где они обрабатываются компьютерными программами.

Электровозы ЭП20 на участке Москва—Казанская—Лиски, электровозы ЭП2К на участке Москва—Казанская—Рязань-2 и электровозы ЭП1М на участке Рязань-2—Мичуринск—Уральский обслуживаются машинистами эксплуатационного локомотивного депо Москва—Сортировочная—Рязанская. Также на участке Мичуринск—Воронежский—Москва—Казанская на электровозах серии ЭП20 работают машинисты эксплуатационного локомотивного депо Кочетовка, обслуживающие 2 поезда: № 305 Сухум—Москва и поезд № 145 Назрань—Москва; в среднем в составе данных поездов следует по 15 вагонов.

Электровозы ЭП20 на участке Отрожка (Воронеж)—Россошь, электровозы ЭП1М на участке Мичуринск-Уральский—Ростов-Главный обслуживаются машинистами эксплуатационного локомотивного депо Россошь.

Электровозы ЭП20 на участке Лиски—Адлер (две бригады для поездов до Адлера) и в направлениях на Новороссийск и на Минеральные Воды, электровозы ЭП1М на участке Россошь—Горячий Ключ и в направлениях на Новороссийск и на Минеральные Воды обслуживаются машинистами эксплуатационного локомотивного депо Батайск.

Так как маршрутные листы каждой поездки машинисты сдают в свои эксплуатационные депо, то возможности совместного анализа этих листов ограничены.

Грузовые электровозы 2ЭС4К, оборудованные электропневматическими тормозами, на участке Горячий Ключ—Адлер обслуживаются машинистами эксплуатационного локомотивного депо Туапсе. Электровозы 2ЭС4К не оборудованы регистраторами параметров движения поезда и автоведения (РПДА), поэтому данные расходов электроэнергии по отдельным поездкам в этом локомотивном депо невозможно получить и использовать для сравнения энергопотребления пассажирского электровоза ЭП20 с соответствующим показателем грузового электровоза 2ЭС4К.

Сравнительный статистический анализ. Депо Москва-Сортировочная-Рязанская представило информацию из базы данных корпоративного информационного хранилища «Локомотивные парки» и базы данных системы РПДА-П за сентябрь 2016 г. в виде единой таблицы объемом 62 столбца и 38 702 строки.

Выполнено наложение этой значительной по объему деповской информации на расписание пассажирских поездов данного направления за сентябрь 2016 г. Разделив составы из одноэтажных и двухэтажных пассажирских вагонов, было получено, что наибольшие показатели удельного расхода электроэнергии принадлежат электровозам ЭП20 с пассажирским составом из двухэтажных вагонов. Наиболее статистически значимым фактором оказался тип пассажирского вагона: одноэтажный или двухэтажный. Для иллюстрации объем выборки был ограничен одной неделей (в период с 01.09 по 07.09.2016 г.), что сократило количество строк и столбцов в исходной таблице.

Значимость этого фактора для электротяги постоянного тока на участке Москва—Рязань и обратно наглядно показана на рис. 1, где средняя величина удельных расходов электроэнергии для электровозов ЭП20 составила для составов из одноэтажных вагонов 145,7 кВт·ч/10⁴ т·км брутто, а для составов из двухэтажных — 219,6 кВт·ч/10⁴ т·км брутто, т. е. на 51 % больше.

Значимость того же фактора для электротяги переменного тока (участки Рязань—Лиски и обратно, Рязань—Воронеж и обратно) видна из рис. 2, где сред-

Таблица 2

Краткая характеристика линии Москва—Адлер

Table 2

Brief description of the line Moscow—Adler

№ п/п	Станция	Наличие эксплуатационного локомотивного депо, стыкование родов тока	Краткая характеристика продольного профиля
1	Москва-Казанская	ТЧЭ-6 Моск. ж.д.	Равнинный профиль
2	Рязань-2	ТЧЭ-36 Моск. ж.д., станция стыкования	
3	Кочетовка (Мичуринск)	ТЧЭ-12 Юго-Вост. ж.д.	
4	Воронеж	ТЧЭ-6 Юго-Вост. ж.д.	
5	Лиски	Смена локомотивных бригад электровозов ЭП20 с поездами Москва—Адлер	
6	Россошь	ТЧЭ-3 Юго-Вост. ж.д.	Тяжелый профиль
7	Лихая	—	
8	Ростов-Главный, Батайск	ТЧЭ-6 Сев.-Кав. ж.д.	Равнинный профиль
9	Тимашевская	ТЧЭ-11 Сев.-Кав. ж.д.	
10	Горячий Ключ	Станция стыкования	
11	Туапсе	ТЧЭ-16 Сев.-Кав. ж.д.	Тяжелый профиль
12	Адлер	—	

няя величина удельных расходов электроэнергии для электровозов ЭП20 составила для составов из одноэтажных вагонов 144,1 кВт·ч/10⁴ т·км брутто, а для составов из двухэтажных — 196,6 кВт·ч/10⁴ т·км брутто, т. е. на 36 % больше.

Проведено сравнение удельных расходов электроэнергии при электротяге постоянного тока электровозами ЭП20 с двухэтажными вагонами поезда № 103/104 Москва—Адлер и поезда № 45/46 Москва—Воронеж за две недели (в период 01.09—14.09.2016 г.) на участке Москва—Рязань и обратно (рис. 3). Средние арифметические величины удельного расхода электроэнергии для поезда № 103/104 — 179,9 кВт·ч/10⁴ т·км брутто и для поезда № 45/46 — 253,2 кВт·ч/10⁴ т·км брутто, т. е. на 41 % больше.

Также проведено сравнение удельных расходов электроэнергии при электротяге переменного тока электровозами ЭП20 с двухэтажными вагонами поезда № 103/104 (участок Рязань—Лиски и обратно) и поезда № 45/46 (участок Рязань—Воронеж и обратно) за период 01.09—14.09.2016 г. (рис. 4). Средние арифметические величины удельного расхода для поезда № 103/104 — 166,1 кВт·ч/10⁴ т·км брутто и для поезда № 45/46 — 228,0 кВт·ч/10⁴ т·км брутто, т. е. на 37 % больше.

Таким образом, подтвержден (рис. 3 и 4) известный факт, что более легкие и быстрые поезда (в данном случае Москва—Воронеж № 45/46) имеют повышенный

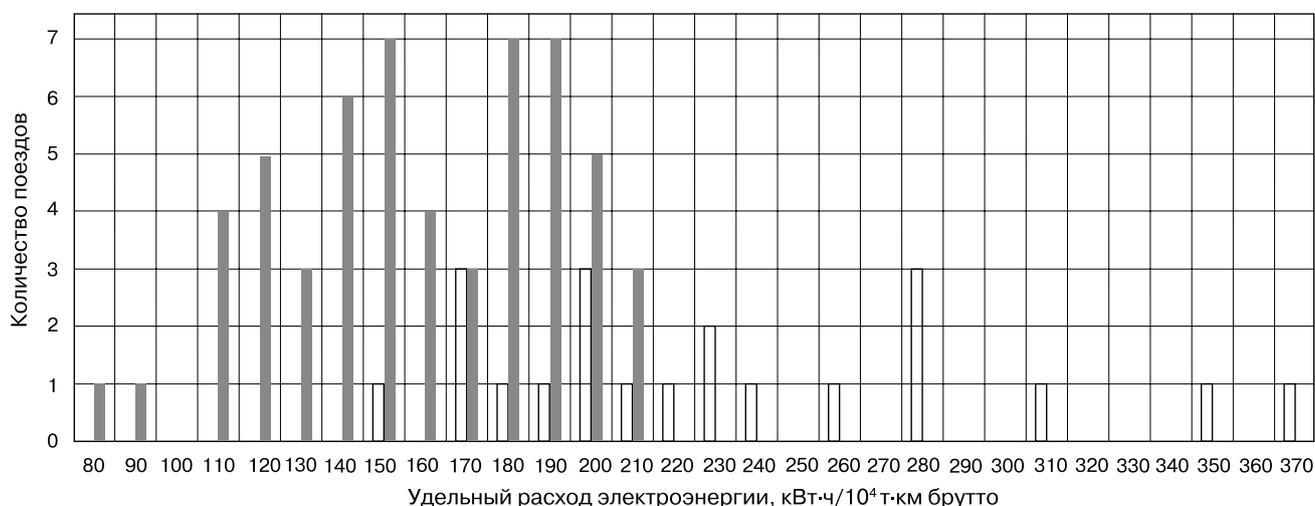


Рис. 1. Сравнение удельных расходов электроэнергии при электротяге постоянного тока электровозами ЭП20 с одноэтажными вагонами (темные столбцы, поезда № 3/4, 11/12 и 29/30) и двухэтажными вагонами (светлые столбцы, поезда № 45/46, 103/104) в период 01.09–07.09.2016 г. на участке Москва—Рязань и обратно

Fig. 1. Comparison of specific electric power consumption in DC electric traction by electric locomotives EP20 with single-deck cars (dark columns, trains no. 3/4, 11/12 and 29/30) and double-deck cars (light columns, trains no. 45/46, 103/104) in the periods 01.09–07.09.2016 on the Moscow—Ryazan section and return

удельный расход электроэнергии сравнительно с более тяжелыми и медленными поездами (Москва—Адлер №103/104) как при электротяге постоянного тока, так и при электротяге переменного тока.

Основные удельные сопротивления движению для типовых одноэтажных вагонов представлены в [14], для двухэтажных пассажирских вагонов удельные сопротивления движению до сих пор не установлены и соответствующие испытания не проведены. Двухэтажные пассажирские вагоны имеют существенно большее миделево сечение, чем типовые одноэтажные вагоны. Следовательно, аэродинамическое сопротивление движению двухэтажных вагонов будет больше; также следует ожидать более сильное влияние ветра в зависимости от его направления.

Электровозы постоянного тока ЭП2К с двухэтажными вагонами не эксплуатируются. Поэтому произведено сравнение энергопотребления электровозов ЭП20 и ЭП2К с составами из типовых одноэтажных пассажирских вагонов. Сравнение удельных расходов электроэнергии выполнено для электровозов ЭП2К с поездами № 34, 86, 131/132, 281 и для электровозов ЭП20 с поездами № 3/4, 11/12, 29/30 в период 01.09–07.09.2016 г. на участке Москва—Рязань и обратно (рис. 5).

Среднеарифметические величины удельного расхода электроэнергии для электровоза ЭП2К 113,4 кВт·ч/10⁴ т·км брутто и для электровоза ЭП20 — 145,7 кВт·ч/10⁴ т·км брутто, т. е. на 28 % больше (рис. 5). Налицо существенный перерасход электроэнергии электровозами ЭП20. Основные удельные сопротивления движению для электровозов ЭП2К представлены в [14], а для электровозов ЭП20 основное удельное сопротивление движению до сих пор не установлено и

соответствующие испытания не проведены. У электровоза ЭП20 с асинхронными тяговыми двигателями основное сопротивление движению ожидается меньше, чем у электровоза с коллекторными двигателями, так как отсутствуют токосъемные щетки и коллектор. Соответственно, отсутствуют потери энергии на преодоление сил трения щеток по коллектору.

Электровозы переменного тока ЭП1М с двухэтажными вагонами также не эксплуатируются. Поэтому сравнивалось энергопотребление электровозов ЭП20 и ЭП1М с составами из типовых одноэтажных пассажирских вагонов. Сравнение удельных расходов электроэнергии выполнено для электровозов ЭП1М с поездами № 34, 86, 131/132, 221, 281, 527, 539, 543 на участке Рязань—Мичуринск и обратно и для электровозов ЭП20 с поездами № 3/4, 11/12, 29/30 на участке Рязань—Лиски и обратно в период 01.09–07.09.2016 г. (рис. 6). Среднеарифметические удельные расходы электроэнергии электровоза ЭП1М 148,8 кВт·ч/10⁴ т·км брутто и электровоза ЭП20 — 144,1 кВт·ч/10⁴ т·км брутто, т. е. на 4 % меньше, что находится в пределах статистической погрешности. Поэтому на данном этапе исследований энергопотребление можно считать одинаковым. Дальнейшие уточнения можно будет делать после установления удельного сопротивления движению электровозов ЭП20, а также по результатам сравнительных испытаний на линии.

Как следует из вышеизложенного, основной причиной высокого энергопотребления у электровозов ЭП20 является тот факт, что этот пассажирский электровоз наиболее мощный и потому эксплуатируется с двухэтажными пассажирскими вагонами, а также с поездами, имеющими меньшее время хода по участку с большим количеством мест ограничения

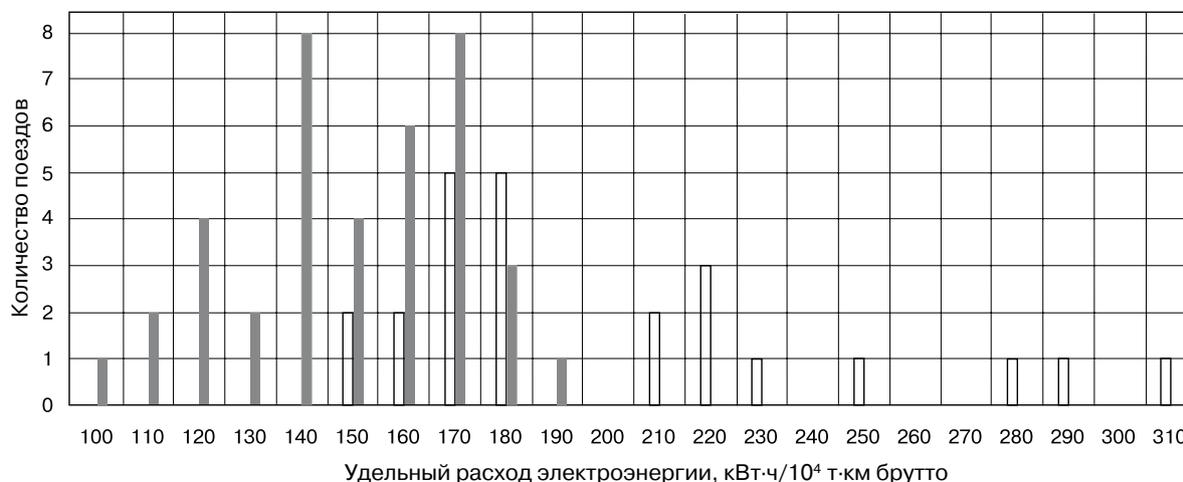


Рис. 2. Сравнение удельных расходов электроэнергии при электротяге переменного тока электровозами ЭП20 с одноэтажными вагонами (темные столбцы, поезда № 3/4, 11/12, 29/30 на участке Рязань — Лиски и обратно) и двухэтажными вагонами (светлые столбцы, поезда № 45/46 на участке Рязань — Воронеж и обратно и № 103/104 на участке Рязань — Лиски и обратно) в период 01.09–07.09.2016 г.

Fig. 2. Comparison of specific electric power consumption in AC electric traction by electric locomotives EP20 with single-deck cars (dark columns, trains no. 3/4, 11/12, 29/30 on the Ryazan — Liski section and return) and double-deck cars (light columns, trains no. 45/46 on the section Ryazan — Voronezh and return and no. 103/104 on the section Ryazan — Liski and return) in the period 01.09–07.09.2016

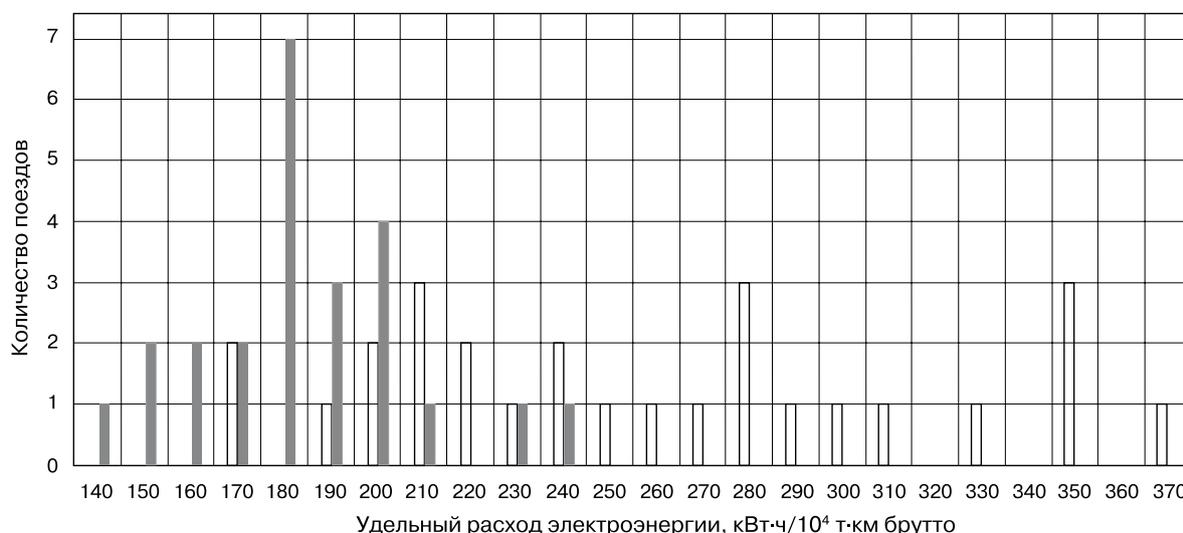


Рис. 3. Сравнение удельных расходов электроэнергии при электротяге постоянного тока электровозами ЭП20 с двухэтажными вагонами поезда № 103/104 Москва — Adler (темные столбцы) и поезда № 45/46 Москва — Воронеж (светлые столбцы) в период 01.09–14.09.2016 г. на участке Москва — Рязань и обратно

Fig. 3. Comparison of specific electric power consumption in DC electric traction by electric locomotives EP20 with double-deck cars of train no. 103/104 Moscow — Adler (dark columns) and train no. 45/46 Moscow — Voronezh (light columns) in the period 01.09–14.09.2016 in the section Moscow — Ryazan and return

скорости. Выполнение ограничений скорости при напряженном по времени графике движения вызывает дополнительные потери энергии. На рис. 7 показано влияние времени хода на расход электроэнергии на участке Москва — Рязань для поезда из 17 вагонов. Существующая система учета энергопотребления (форма ТХО-125) не выявляет эти обстоятельства и поэтому не позволяет использовать тарифные механизмы для перераспределения затрат на электроэнергию пассажирской тяги.

Учитывая вышеизложенное, необходимо:

- ускорить проведение специализированных испытаний по измерению сопротивления движению для электровоза ЭП20, в особенности для двухэтажных пассажирских вагонов локомотивной тяги;
- откорректировать форму отчетности по энергопотреблению пассажирских электровозов и вести ее отдельно для составов из одноэтажных пассажирских вагонов и отдельно для составов из двухэтажных, а также предусмотреть в форме отчетности отдельный учет по электротяге постоянного тока и по электротяге переменного тока;

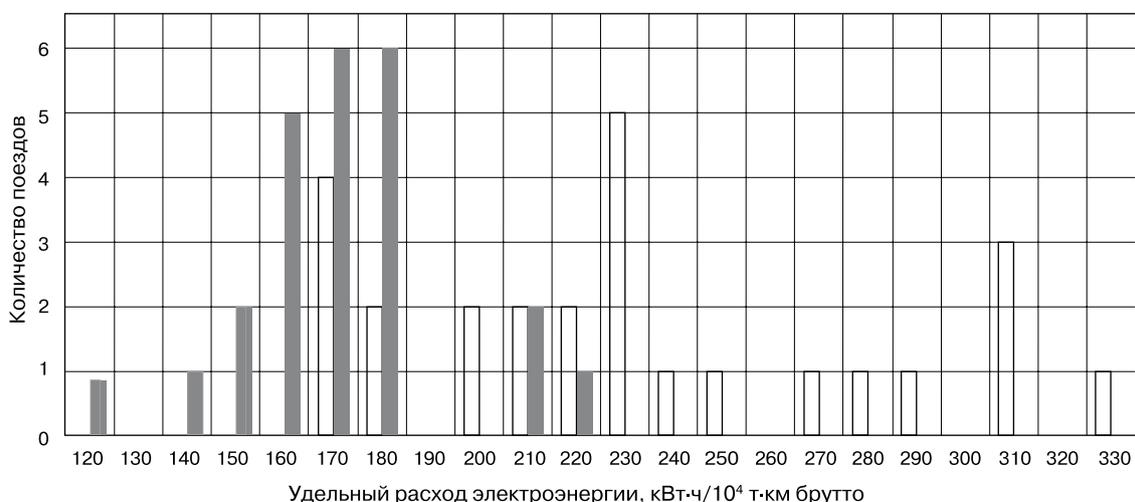


Рис. 4. Сравнение удельных расходов электроэнергии при электротяге переменного тока электровозами ЭП20 с двухэтажными вагонами поезда № 103/104 Москва — Адлер (темные столбцы, участок Рязань — Лиски и обратно) и поезда № 45/46 Москва — Воронеж (светлые столбцы, участок Рязань — Воронеж и обратно) в период 01.09–14.09.2016 г.

Fig. 4. Comparison of specific electric power consumption in AC electric traction by electric locomotives EP20 with double-decker cars of train no. 103/104 Moscow — Adler (dark columns, Ryazan — Liski section and return) and train no. 45/46 Moscow — Voronezh (light columns, Ryazan — Voronezh section and return) in the period 01.09–14.09.2016

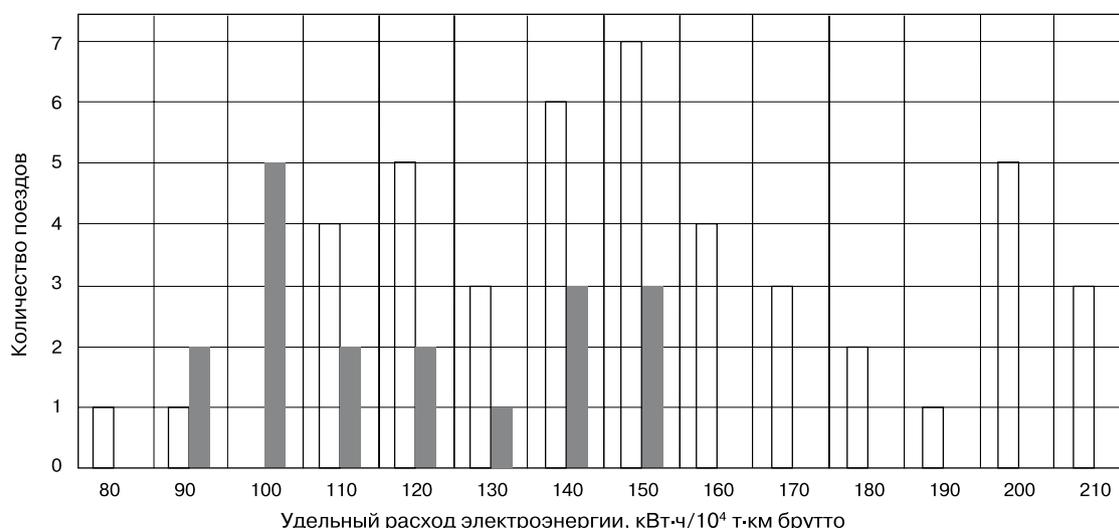


Рис. 5. Сравнение удельных расходов электроэнергии при электротяге постоянного тока электровозами ЭП2К (темные столбцы, поезда № 34, 86, 131/132 и 281) и ЭП20 (светлые столбцы, поезда № 3/4, 11/12, 29/30) в период 01.09–07.09.2016 г. на участке Москва — Рязань и обратно

Fig. 5. Comparison of specific electric power consumption in DC electric traction by electric locomotives EP2K (dark columns, trains no. 34, 86, 131/132 and 281) and EP20 (light columns, trains no. 3/4, 11/12, 29/30) in the period 01.09–07.09.2016 on the Moscow — Ryazan section and return

- внести соответствующие коррективы в [15];
- использовать тарифные механизмы для перераспределения затрат на электроэнергию пассажирской тяги между Дирекцией тяги (уменьшение затрат) и эксплуатирующей двухэтажные пассажирские вагоны локомотивной тяги Федеральной пассажирской компанией (увеличение затрат).

На электротяге переменного тока заметной разницы в энергопотреблении электровозом с асинхронными тяговыми двигателями и электровозом с коллекторными тяговыми двигателями не установлено, а на электротяге

постоянного тока электровоз с асинхронными тяговыми двигателями потребляет электроэнергии на 25–30 % больше по сравнению с электровозом с коллекторными тяговыми двигателями. Этот важный результат, который справедлив не только для пассажирского электровоза ЭП20, но и для грузовых электровозов постоянного и переменного тока с асинхронными тяговыми двигателями. В тяговом электрооборудовании электровозов с асинхронными тяговыми двигателями не может рассеиваться большое количество электроэнергии. Таким свойством обладают только балластные резисторы.

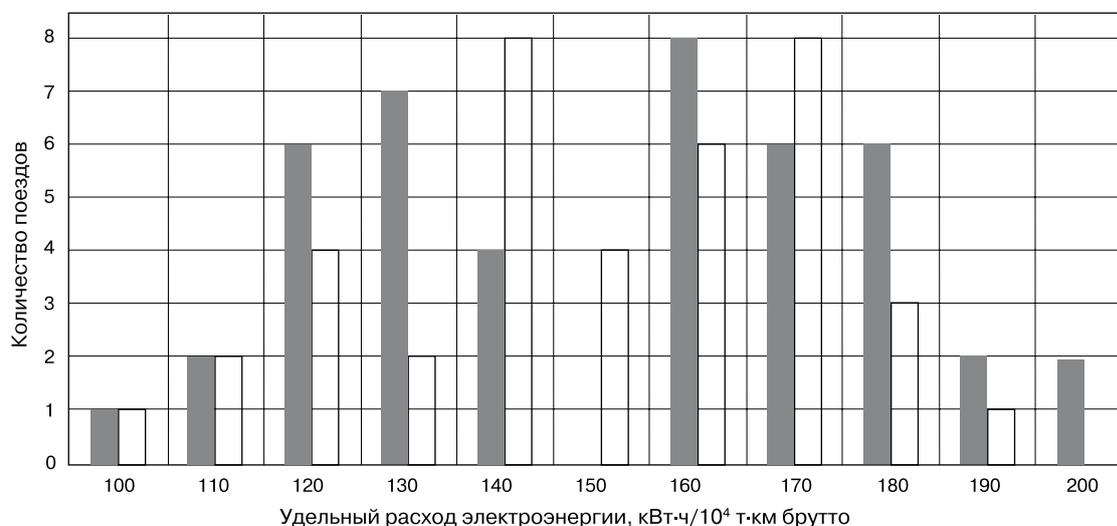


Рис. 6. Сравнение удельных расходов электроэнергии при электротяге переменного тока электровозами ЭП1М (темные столбцы, поезда № 34, 86, 131/132, 221, 281, 527, 539 и 543 на участке Рязань — Мичуринск и обратно) и ЭП20 (светлые столбцы, поезда № 3/4, 11/12, 29/30 на участке Рязань — Лиски и обратно) в период 01.09—07.09.2016 г.

Рис. 6. Comparison of specific electric power consumption in AC electric traction by electric locomotives EP1M (dark columns, trains no. 34, 86, 131/132, 221, 281, 527, 539 and 543 in the section Ryazan — Michurinsk and return) and EP20 (light columns, trains no. 3/4, 11/12, 29/30 on the section Ryazan — Liski and return) in the period 01.09—07.09.2016

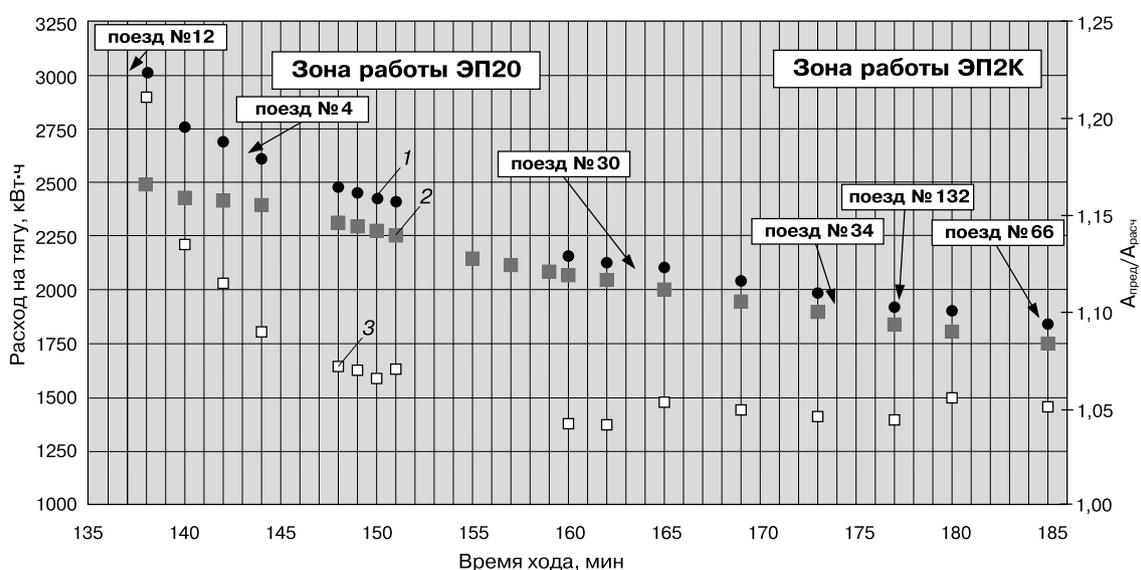


Рис. 7. Влияние времени хода на расход электроэнергии на участке Москва — Рязань для поезда из 17 вагонов:

1 — наличие предупреждений; 2 — отсутствие предупреждений; 3 — отношение $A_{пред}/A_{расч}$; $A_{пред}/A_{расч}$ — отношение расходов электроэнергии в поездке с выполнением предупреждения и по расчету для оптимального энергосберегающего движения поезда, отн. ед.

Fig. 7. Influence of travel time on the electricity consumption in the section Moscow — Ryazan for a train of 17 cars:

1 — presence of warnings; 2 — absence of warning; 3 — ratio $A_{пред}/A_{расч}$; $A_{пред}/A_{расч}$ — ratio of the cost of electricity in the travel with implementation of the warning and calculation for the optimal energy-saving train motion, spec. units.

Блоки тормозных резисторов. Установленные на электровозе ЭП20 блоки тормозных резисторов БТР-83 предназначены для:

- обеспечения рассеивания энергии, которая не может быть возвращена в контактную сеть при электрическом торможении (при величине напряжения на обмотках тяговых двигателей равной или меньшей величины напряжения в контактной сети);

- защиты звена постоянного тока тягового преобразователя от скачков напряжения или от перенапряжений в контактной сети путем гашения динамических импульсов избыточной энергии в балластных резисторах;
- защиты звена постоянного тока тягового преобразователя от перенапряжений, вызванных кратковременным дисбалансом энергии при резком снижении мощности рекуперации или тяги, путем гашения

в балластных резисторах динамических импульсов избыточной энергии;

- разрядки фильтровых конденсаторов звена постоянного тока при выключении быстродействующего выключателя или после опускания токоприемника.

Однако использование мощных тормозных резисторов в вышеперечисленных случаях приведет к расходу электроэнергии, которая должна быть учтена в стоимости жизненного цикла электровозов ЭП20.

Заключение. 1. Валидация энергопотребления электровоза ЭП20 двойного питания с асинхронными тяговыми электродвигателями показала, что установленные на нем штатные приборы учета электроэнергии и схема их подключения выполняют предъявляемые к ним требования. Показания сертифицированного измерительно-вычислительного комплекса института и показания штатных приборов практически не расходятся: разница показаний составила менее $\pm 1\%$.

2. Предварительный статистический анализ энергопотребления электровозов ЭП20, ЭП2К и ЭП1М на равнинном подмосковном участке без широкого использования рекуперативного торможения показал, что в соответствии с принятыми формами отчетности по энергопотреблению локомотивов (форма ТХО-125) на электротяге постоянного тока электровоз ЭП20 с асинхронными тяговыми двигателями потребляет электроэнергии на 25–30% больше по сравнению с электровозом ЭП2К с коллекторными тяговыми двигателями; на электротяге переменного тока заметной разницы в энергопотреблении ЭП20 и ЭП1М не установлено.

3. Повышенный расход электроэнергии ЭП20 по сравнению с электровозами с коллекторными тяговыми двигателями на участке Москва — Адлер обусловлен организационными и техническими причинами:

- необходимостью часто снижать скорость движения с последующим разгоном для выполнения предупреждений при ведении специально выделенных для электровозов ЭП20 поездов с сокращенным временем прохождения перегонов и увеличенным сопротивлением движению вагонов (формирование составов преимущественно из двухэтажных вагонов);

- использованием электровоза ЭП20 в зоне пониженных значений КПД вследствие недогруженности электровоза;

- на собственные нужды технически более сложный электровоз ЭП20 на два рода тока расходует большую долю электроэнергии относительно расхода на тягу поездов по сравнению с односистемными электровозами, особенно при работе на участках постоянного тока;

- энергетическая эффективность автоведения поезда с двухэтажными вагонами, основное удельное сопротивление движению которых до сих пор экспериментально не установлена, может быть поставлена под сомнение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игин В. Н. Энергоэффективность локомотивов в зеркале статистики // Локомотив. 2016. № 8. С. 2–6.
2. Кучумов В. А., Ребрик Б. Н. Учет электроэнергии на тягу поездов // Локомотив. 1997. № 8. С. 28–29.
3. Ребрик Б. Н. Рекуперация энергии на электровозах (технология ресурсосбережения). М.: Интекст, 2000. 37 с.
4. Сенаторов В. А. Отключение части тяговых двигателей электровоза с целью экономии электроэнергии на тягу при ведении легковесного поезда // Вестник ВНИИЖТ. 2003. № 1. С. 15–19.
5. Устройство для измерения и учета распределения электроэнергии на электровозе переменного тока: патент на полезную модель № 82637: МПК В60L 3/00 (2006/01) / Н. Б. Никифорова, В. А. Кучумов, Р. В. Мурзин [и др.]. Заявл. 11.11.2008; опубл. 10.05.2009. Бюл. № 13.
6. Прокофьев С. Н., Кадыров И. Ф. Учет рекуперативной электроэнергии на пассажирских электровозах переменного тока // Совершенствование электрооборудования тягового подвижного состава: сб. науч. тр. ОАО «ВНИИЖТ» / ред. Н. Б. Никифорова, В. А. Кучумов. М.: Интекст, 2011. С. 101–108.
7. Способ повышения энергетической эффективности электровоза переменного тока в режиме рекуперативного торможения / Е. В. Буяева [и др.] // Электротехника. 2016. № 2. С. 17–20.
8. Зарифьян А. А. Повышение энергетической эффективности пассажирских электровозов с асинхронным тяговым приводом при питании от сети постоянного тока: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Ростов н/Д, 2016. 23 с.
9. Власьевский С. В., Кучумов В. А., Щербаков В. Г. Сравнение энергетической эффективности тягового электропривода электровозов переменного тока на основе коллекторных и асинхронных двигателей // Электротехника. 2017. № 9. С. 72–78.
10. Об обеспечении единства измерений: федер. закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102122832> (дата обращения: 25.06.2018 г.).
11. Капустин Л. Д., Находкин В. В. Правильно измерять расход электроэнергии // Электрическая и тепловая тяга. 1986. № 7. С. 24–26.
12. Солтус К. П. Знакомьтесь: электровоз ЭП20 // Локомотив. 2013. № 4. С. 34–38; № 5. С. 36–39; № 6. С. 35–36.
13. Солтус К. П. Электровоз ЭП20: первые результаты эксплуатации // Железные дороги мира. 2015. № 1. С. 40–46.
14. Правила тяговых расчетов для поездной работы: утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 867рот 12.05.2016 [Электронный ресурс]. URL: www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=672553 (дата обращения: 21.06.2018 г.).
15. Методика расчета индикатора энергоэффективности электровоза: утв. ОАО «РЖД» 26.12.2014 № 519.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

АУЛОВ Егор Викторович, ведущий инженер, отделение «Тяговый подвижной состав», АО «ВНИИЖТ»

КУЧУМОВ Владислав Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, отделение «Тяговый подвижной состав», АО «ВНИИЖТ»

КОССОВ Евгений Евгеньевич, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, отделение «Тяговый подвижной состав», АО «ВНИИЖТ»

ШИРОЧЕНКО Николай Николаевич, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, отделение «Тяговый подвижной состав», АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 02.07.2018 г., принята к публикации 27.08.2018 г.

Accounting of energy consumption of passenger electric locomotives in locomotive operational depots

E. V. AULOV, V. A. KUCHUMOV, E. E. KOSSOV, N. N. SHIROCHENKO

Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. Energy efficiency of transportation process is constantly in the center of attention of specialists and managers of Russian Railways. Some of the new electric locomotives purchased under the investment project have shown unsatisfactory results on electric power consumption. According to the management of the JSC "Russian Railways", electric locomotives EP20, designed for two types of current, have the highest specific energy consumption. These are modern electric locomotives with powerful asynchronous traction motors. Electric locomotives typically operate in passenger traffic. The purpose of the research was to analyze the accounting of energy consumption of passenger electric locomotives in the locomotive operating depots. The article provides results of a comparative statistical analysis of primary materials on the energy consumption of passenger electric locomotives EP20 and other series of electric locomotives such as EP2K DC and EP1M AC. According to the primary materials from the locomotive operational depots, it was found that passenger electric locomotives with trains of double-decker passenger cars have the highest specific energy consumption. Comparison of specific electric power consumption by electric locomotives with single-type passenger cars showed that with DC electric traction, the consumption level of the EP20 significantly exceeds the consumption of the electric locomotives EP2K; with an AC electric traction, the flow rate of the EP20 is almost equal to the specific electric power consumption of the EP1M electric locomotives. A comparative analysis of the load of EP20 electric locomotives during the maintenance of passenger trains allocated for it in the Moscow—Adler section showed that the electric locomotive was underloaded, which causes a decrease in its efficiency and, as a result, over-consumption of electricity. The use of high-power brake resistors will lead to energy consumption, which must be taken into account in the life cycle cost of EP20 electric locomotives.

Keywords: electric locomotives with asynchronous traction motors; power consumption; locomotive operational depot; double-deck and single-deck passenger cars

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-5-280-287>

REFERENCES

1. Igin V. N. *Energoeffektivnost' lokomotivov v zerkale statistiki* [Energy efficiency of locomotives in the mirror of statistics]. Lokomotiv [Locomotive], 2016, no. 8, pp. 2–6.
2. Kuchumov V. A., Rebrik B. N. *Uchet elektroenergii na tyagu poezdov* [Electricity accounting for train traction]. Lokomotiv [Locomotive], 1997, no. 8, pp. 28–29.
3. Rebrik B. N. *Rekuperatsiya energii na elektrovozhakh (tekhnologiya resursosberezheniya)* [Energy recuperation in electric locomotives (resource saving technology)]. Moscow, Intext Publ., 2000, 37 p.
4. Senatorov V. A. *Otklyuchenie chasti tyagovykh dvigateley elektrovoza s tsel'yu ekonomii elektroenergii na tyagu pri vedenii legkovesnogo poezda* [Disconnection of a part of a traction motor of an electric locomotive in order to save electricity on traction when driving a lightweight train]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2003, no. 1, pp. 15–19.
5. Nikiforova N. B., Kuchumov V. A., Murzin R. V., Kadyrov I. F., Prokof'yev S. N. *Device for measuring and recording the distribution of electricity on an AC electric locomotive*. Utility patent no. 82637, publ. May 10, 2009, Bul. no. 13.
6. Prokof'ev S. N., Kadyrov I. F. *Uchet rekuperativnoy elektroenergii na passazhirskikh elektrovozhakh peremennogo toka* [Ac-

counting for regenerative electric power in passenger AC locomotives]. Sovershenstvovanie elektrooborudovaniya tyagovogo podvizhnogo sostava. Sb. nauch. tr. OAO "VNIIZhT" [Improvement of electrical equipment for rolling stock. Proc. of scientific papers of the JSC "VNIIZhT"]. Moscow, Intext Publ., 2011, pp. 101–108.

7. Bunyaeva E. V., Skorik V. G., Fokin D. S., Vlas'evskiy S. V. *Sposob povysheniya energeticheskoy effektivnosti elektrovoza peremennogo toka v rezhime rekuperativnogo tormozheniya* [The way to increase the energy efficiency of an AC electric locomotive in recuperative braking mode]. Elektrotehnika, 2016, no. 2, pp. 17–20.

8. Zarif'yan A. A. *Povyshenie energeticheskoy effektivnosti passazhirskikh elektrovozhov s asinkhronnym tyagovym privodom pri pitanii ot seti postoyannogo toka*. Kand. tekhn. nauk diss. avtofer. [Increasing the energy efficiency of passenger electric locomotives with asynchronous traction drive when powered from a DC network. Cand. tech. sci. diss. synopsis]. Rostov-on-Don, 2016, 23 p.

9. Vlas'evskiy S. V., Kuchumov V. A., Scherbakov V. G. *Sravnienie energeticheskoy effektivnosti tyagovogo elektroprivoda elektrovozhov peremennogo toka na osnove kollektornykh i asinkhronnykh dvigateley* [Comparison of the energy efficiency of the traction electric drive of AC electric locomotives on the basis of collector and asynchronous engines]. Elektrotehnika, 2017, no. 9, pp. 72–78.

10. *On ensuring the uniformity of measurements: the Federal Law on Jun 26, 2008, no. 102-FZ.* (in Russ.).

11. Kapustin L. D., Nakhodkin V. V. *Pravil'no izmeryat' raskhod elektroenergii* [To measure power consumption correctly]. Elektricheskaya i teplovoznaya tyaga, 1986, no. 7, pp. 24–26.

12. Soltus K. P. *Znakom'tes': elektrovoz EP20* [Meet the electric locomotive EP20]. Lokomotiv [Locomotive], 2013, no. 4, pp. 34–38; no. 5, pp. 36–39; no. 6, pp. 35–36.

13. Soltus K. P. *Elektrovoz EP20: pervye rezul'taty ekspluatatsii* [Electric locomotive EP20: first operating results]. Zheleznyye dorogi mira, 2015, no. 1, pp. 40–46.

14. *Rules of traction calculations for train work*. Approved by the decree of the JSC "Russian Railways" on May 12, 2016, no. 867r (in Russ.).

15. *Method of calculating the indicator of energy efficiency of an electric locomotive*. Approved by the JSC "Russian Railways" on December 26, 2014, no. 519 (in Russ.).

ABOUT THE AUTHORS

Egor V. AULOV,

Leading Engineer, Department "Traction rolling stock", JSC "VNIIZhT"

Vladislav A. KUCHUMOV,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, Department "Traction rolling stock", JSC "VNIIZhT"

Evgeniy E. KOSSOV,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, Department "Traction rolling stock", JSC "VNIIZhT"

Nikolay N. SHIROCHENKO,

Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, Department "Traction rolling stock", JSC "VNIIZhT"

Received 02.07.2018

Accepted 27.08.2018

■ E-mail: elektrovoz@list.ru (V. A. Kuchumov)