

УДК 656.222.3

А. А. ЕРОФЕЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПАРКА ГРУЗОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Выполнен анализ состояния парка грузовых локомотивов белорусской железной дороги, определена величина выбытия локомотивов в период до 2040 года. Выполнена оценка эффективности использования локомотивов разных серий. Даны предложения по реализации мероприятий по продлению сроков службы тепловозов и их модернизации.

**Т**яговое обеспечение перевозочного процесса является важной составляющей эксплуатационной деятельности, от качества которой напрямую зависит эффективность железнодорожных перевозок.

Развитие локомотивного хозяйства в первую очередь предполагает обновление парка тягового подвижного состава с одновременным решением задач по модернизации инфраструктуры и деповского хозяйства, цифровизации бизнес-процессов, повышению кадрового потенциала [1].

### Состояние парка грузовых локомотивов Белорусской железной дороги

Приписной парк локомотивов Белорусской железной дороги в грузовом движении составляет 309 единиц, в том числе: электровозы – 82 единицы; тепловозы – 227 единиц. При этом с истекшим сроком службы (установленным заводом-изготовителем) в инвентарном парке находится 90,4 % грузовых электровозов и 96,9 % грузовых тепловозов.

Тяговый подвижной состав во многом устарел не только физически, но и морально. Как правило, традиционный тяговый подвижной состав требует повышенных расходов на техническое обслуживание и ремонт, потребляет большее количество электроэнергии и топлива на тягу поездов.

Списанию по критериям технического состояния, срока службы и отсутствия запасных частей до 2030 года (таблица 1) подлежит 91 единица локомотивов, из них до 2025 года 25 тепловозов серии М62 и 23 тепловоза 2ТЭ10 [2].

Таблица 1 – План списания тягового подвижного состава на 2021–2030 гг.

ТПС	По годам										Итого до 2025 г.	Итого до 2030 г.
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
М62	3	4	5	7	6	4	5	5	4	7	25	50
2ТЭ10	4	6	5	8	–	3	–	7	3	5	23	41
Всего	7	10	10	15	6	7	5	12	7	12	48	91

При эксплуатации подвижного состава за пределами срока службы ухудшаются показатели безопасности и экономической эффективности, растет ресурсо- и энергоёмкость перевозок. В перспективе возникают угрозы, с одной стороны – резкого повышения расходов на эксплуатацию устаревшего подвижного состава, с другой – невозможности выполнения перевозок из-за физического отсутствия тягового подвижного состава.

Основные характеристики тягового подвижного состава Белорусской железной дороги представлены в таблицах 2, 3. Данные по удельному расходу топлива и электрической энергии по видам движения, тяги и сериям тягового подвижного состава приняты из форм отчетности ТХО-2 «Отчет о расходе топлива и электроэнергии на локомотивы и моторвагонный подвижной состав» за 12 месяцев 2020 года.

Таблица 2 – Основные характеристики грузовых и грузопассажирских тепловозов Белорусской железной дороги

Серия тепловоза	Осевая формула	Мощность, кВт	Передача мощности	Характеристики двигателя				Сила тяги, кН		Расчетная скорость, км/ч	Удельный расход топлива, кг у.т./104 т·км
				Тип	Тактность	Число цилиндров	Удельный расход топлива, кг/кВт·ч	при трогании	расчетная		
2М62К	2(30-30)	2940	Электрическая постоянного тока	2Д49	4	12	0,202	710	392	20,9	35,7
2М62У	2(30-30)	2940	Электрическая постоянного тока	14Д40	2	12	0,215	741	392	20,9	45,6
2М62УК	2(30-30)	2940	Электрическая постоянного тока	2Д49	4	12	0,202	741	392	20,9	34,1
2М62М	2(30-30)	2940	Электрическая постоянного тока	14Д40	2	12	0,218	705	392	20,9	71
2М62УМ	2(30-30)	2940	Электрическая постоянного тока	14Д40	2	12	0,218	741	392	20,9	55
2М62УМК	2(30-30)	2940	Электрическая постоянного тока	2Д49	4	12	0,202	741	392	20,9	44,5
2ТЭ10М	2(30-30)	4412	Электрическая постоянного тока	10Д100	2	10	0,218	928	496	24,6	29,6

Окончание таблицы 2

Серия тепловоза	Осевая формула	Мощность, кВт	Передача мощности	Характеристики двигателя				Сила тяги, кН		Расчетная скорость, км/ч	Удельный расход топлива, кг у.т./104 т·км
				Тип	Тактность	Число цилиндров	Удельный расход топлива, кг/кВт·ч	при трогании	расчетная		
2ТЭ10У	2(30-30)	4412	Электрическая постоянного тока	10Д100	2	10	0,210	928	496	24,6	29,1
2ТЭ10УК	2(30-30)	4412	Электрическая постоянного тока	1А-5Д49	4	16	0,198	928	496	24,6	27,1
2ТЭ10МК	2(30-30)	4412	Электрическая постоянного тока	1А-5Д49	4	16	0,198	928	496	24,6	28,8
ДМ62	30-30	1470	Электрическая постоянного тока	14Д40	2	12	0,218	350	196	20,9	62,1
М62	30-30	1470	Электрическая постоянного тока	14Д40	2	12	0,218	350	196	20,9	50,2
М62К	30-30	1470	Электрическая постоянного тока	2Д49	4	12	0,202	350	196	20,9	38
М62(евр)	30-30	1470	Электрическая постоянного тока	14Д40	2	12	0,218	350	196	20,9	51,1
М62УК	30-30	1470	Электрическая постоянного тока	2Д49	4	12	0,202	370	196	20,9	42,9

Таблица 3 – Основные характеристики грузовых электровозов Белорусской железной дороги

Серия	Осевая формула	ТЭД	Основные характеристики						Сила тяги при трогании, кН	Удельный расход ТЭР	
			часовой режим			длительный режим				кВт·ч/104 т·км	кг у.т./104 т·км
			Мощность, Вт	Сила тяги, кН	Скорость, км/ч	Мощность, Вт	Сила тяги, кН	Скорость, км/ч			
БКГ1	2(20-20)	Переменного тока	–	–	–	9600	533	65	760	83,9	10,3
БКГ2	30-30	Переменного тока	–	–	–	7200	400	65	570	102,6	12,6
ВЛ80С	2(20-20)	Постоянного тока	6520	442,8	51,9	6160	404,4	53,6	678,1	90,1	11,1

Структура существующего парка Белорусской железной дороги определяется группами традиционного и инновационного тягового подвижного состава. Среди локомотивов выделяются тепловозы серий 2ТЭ10У(М), М62, ДМ62, оснащенные устаревшими двухтактными дизельными двигателями, не удовлетворяющими по своим технико-экономическим характеристикам современным требованиям. Анализ показывает необходимость модернизации (ремоторизации, замены) указанных тепловозов, а также дизельпоездов серии ДР1А.

Следует отметить относительно низкие технико-экономические показатели использования электровозов серии БКГ, а также тепловозов серии М62 (в частности, удельный расход топлива), объясняемые избыточной секционной мощностью данного подвижного состава для условий их эксплуатации.

**Анализ горизонта срока службы с учетом остаточного ресурса**

Парк грузовых тепловозов Белорусской железной дороги включает 227 единиц, основу которых составляют тепловозы серии ТЭ10 (2ТЭ10М – 24 единицы, 2ТЭ10У – 17 единиц, 2ТЭ10МК – 39 единиц, 2ТЭ10УК – 35 единиц), выполняющие 85 % объема перевозочной работы в грузовом движении тепловозной тяги. Данные локомотивы были выпущены в 1987–1991 годах Ворошиловградским тепловозостроительным заводом.

Установленный производителем срок службы составляет 20/26 лет, срок службы с учетом процедуры продления – 45 лет. Динамика выбытия тепловозов данной серии в период до 2040 года приведена на рисунке 1

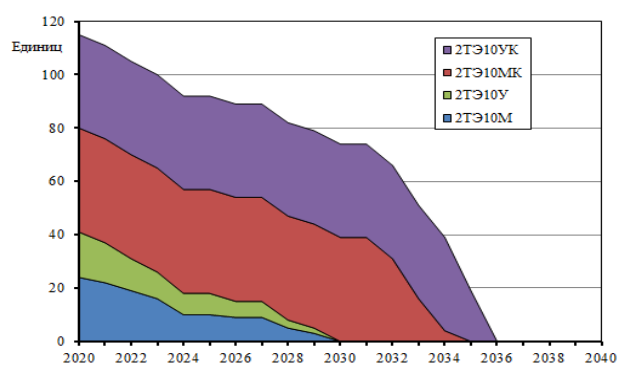


Рисунок 1 – Динамика выбытия тепловозов серии ТЭ10

Таким образом, прогнозируемый период эксплуатации тепловозов данной серии истекает к 2036 году. При этом тепловозы с индексами У и М (оснащенные двухтактными дизельными двигателями серии 10Д100) полностью выбывают уже к 2030 году.

Тепловозы серии М62 различных индексов (одно- и двухсекционные) производства Ворошиловградского тепловозостроительного завода эксплуатируются пре-

имущественно в грузовом (передаточном и вывозном) и хозяйственном видах движений. Двухсекционные тепловозы серий 2М62М, 2М62УМ и 2М62УМК используются в качестве тяговых единиц дизель-поездов ДРБ и ДДБ. Период выпуска данных тепловозов – с 1970 по 1991 год.

По состоянию на 2021 год на Белорусской железной дороге эксплуатируется следующее количество тепловозов данной серии: М62 – 65 единиц (из них 5 – колеи 1435 мм), М62УК – 3 единицы, М62К – 5 единиц (из них 1 – колеи 1435 мм), ДМ62 – 4 единицы, 2М62К – 28 единиц, М62УК – 7 единиц. Установленный производителем срок службы составляет: 37 лет – для М62, 26 лет – для ДМ62 и 2М62У, 20 лет – для 2М62. Срок службы с учетом процедуры продления – 60 лет (45 лет для ДМ62).

Динамика выбытия тепловозов данной серии в период до 2040 года (кроме тепловозов, используемых в дизель-поездах ДРБ и ДДБ) приведена на рисунке 2.

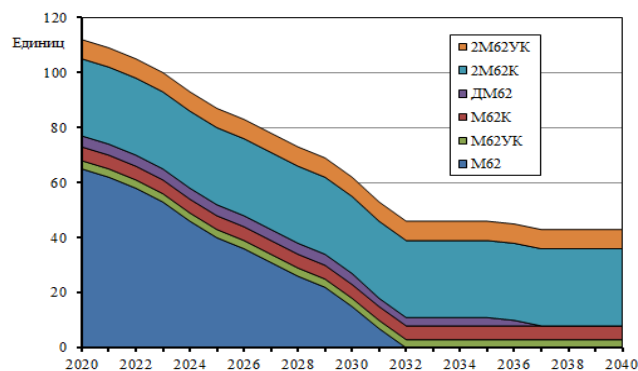


Рисунок 2 – Динамика выбытия тепловозов серии М62 (кроме тепловозов, используемых в дизель-поездах ДРБ и ДДБ)

В рассматриваемый период ожидается полное выбытие односекционных тепловозов серии М62 к 2032 году, составляющих в настоящее время половину парка тепловозов данной серии на Белорусской железной дороге (64 из 135). Данные локомотивы задействованы преимущественно в передаточном и вывозном видах грузового движения. Прогнозируемое ежегодное выбытие равномерное и составляет 5–6 локомотивов в год. Выбытие 4 единиц тепловозов серии ДМ62 ожидается к 2036 году. В рассматриваемый период ожидается полное выбытие односекционных тепловозов серии М62 к 2032 году, составляющих в настоящее время половину парка тепловозов данной серии на Белорусской железной дороге (64 из 135). Данные локомотивы задействованы преимущественно в передаточном и вывозном видах грузового движения. Прогнозируемое ежегодное выбытие равномерное и составляет 5–6 локомотивов в год. Выбытие 4 единиц тепловозов серии ДМ62 ожидается к 2036 году.

Парк электровозов Белорусской железной дороги включает 97 единиц, среди которых 15 пассажирских электровозов серии ЧС4Т производства Škoda (Чехия), выпущенные в 1983 году, а также 52 грузовых электровоза ВЛ80С производства Новочеркасского электровозостроительного завода, выпущенные в 1982–1991 годах, грузовые электровозы производства Да-

тунского локомотивостроительного завода (Китай) (БКГ1 – 12 единиц, БКГ2 – 18 единиц), выпущенные в 2012–2017 годах. Производителями установлены следующие сроки службы: ЧС4Т – 30 лет, ВЛ80С – 33 года, БКГ – 40 лет. Для электровозов ЧС4Т и ВЛ80С установленный срок службы с учетом процедуры продления – 50 лет. Динамика выбытия электровозов в период до 2040 года приведена на рисунке 3.

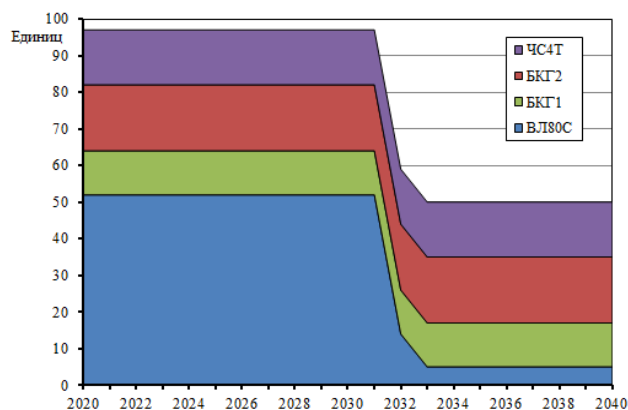


Рисунок 3 – Динамика выбытия электровозов

В период до 2040 года ожидается практически полное выбытие электровозов серии ВЛ80С (в 2031–2033 годах их количество снижается с 52 до 5 единиц). Среди остальных электровозов в указанный период выбытия не ожидается.

Таким образом, по критерию остаточного ресурса до 2030 года на Белорусской железной дороге полностью выбывают грузовые тепловозы серий 2ТЭ10У, М, частично – тепловозы серии М62 (50 из 65). В результате выбытие составит 40 % от общего количества грузовых тепловозов.

После 2030 года в период до 2040 года полностью выбывают тепловозы серий 2ТЭ10УК, МК, оставшиеся тепловозы серии М62. Начинается выбытие грузовых электровозов серии ВЛ80С (47 из 52).

#### Основные направления развития парка грузовых локомотивов Белорусской железной дороги.

Основной объем перевозочной работы в магистральном грузовом движении тепловозной тяги (до 85 %) выполняется на локомотивах серий 2ТЭ10У, М, УК, МК. Частичная ремоторизация тепловозов индексов М, У (в количестве 74 единиц) на Белорусской железной дороге была произведена в 2008–2015 годах.

Замена дизельных двигателей при проведении капитальных ремонтов тепловозов 2ТЭ10М(У) в перспективе с последующим продлением назначенного срока службы до 60 лет позволит обеспечить их эксплуатацию на период до 2050 года. При ремоторизации данных тепловозов достигаются следующие цели:

- снижение расходов на эксплуатацию и техническое содержание;
- повышение безопасности движения;
- повышение надежности в эксплуатации;
- улучшение условий труда локомотивных бригад.

Дизельный двигатель, как основной узел тепловоза, подвержен наибольшему износу. На его долю приходится порядка 40–45 % расходов от общей стоимости

ремонта тепловоза, а от эффективности его работы зависит расход топливно-энергетических ресурсов, а также надежность тепловоза.

Разработанные в 1940–1950-х годах двухтактные дизельные двигатели серии 10Д100 тепловозов 2ТЭ10М(У) морально и физически устарели. За счет износа базовых элементов двигателя 10Д100 стоимость его ремонтов ежегодно возрастает в среднем на 8 %. Кроме того, номенклатура выпускаемых запасных частей для ремонта указанных двигателей существенно сокращается.

Обновление приписного парка тепловозов и дизель-поездов методом ремоторизации является широко применяемой практикой железнодорожных администраций.

Так, Литовские железные дороги (Lietuvos geležinkeliai) заменили двигатели на 54 тепловозах серии 2М62 путем установки дизельных двигателей серии 5Д49 производства ОАО «Коломенский завод» и дизельных двигателей CAT3512 производства компании «Caterpillar». С 2001 года, для нужд ОАО «РЖД» на Уссурийском локомотиворемонтном заводе выполняется ремоторизация тепловозов серии 2ТЭ10М(У) путем установки дизельных двигателей производства ОАО «Коломенский завод». В настоящее время ремоторизовано уже более 1500 секций. При этом стоимость данной ремоторизации в 1,9 раза превышает стоимость ремоторизации тепловозов в условиях Белорусской железной дороги. АО «Қазақстан Темір Жолы» ремоторизовало более 500 локомотивов серии 2ТЭ10У(М) путем установки дизельных двигателей «General Electric».

В условиях Белорусской железной дороги при проведении ремоторизации указанных тепловозов выполнялись следующие виды работ:

- замена двухтактных дизельных двигателей 10Д100 на четырехтактные двигатели типа Д49 (1А-9ДГисп-3), оборудованные электронными регуляторами частоты вращения;

- установка микропроцессорной системы управления и регулирования электрической передачи тепловоза УСТА;

- оборудование кабины машиниста унифицированным пультом управления с системой диагностики параметров работы дизель-вспомогательного оборудования, комплексным устройством безопасности КЛУБ-У, кондиционером, новыми эргономичными креслами для локомотивной бригады, лобовыми и боковыми стеклами и зеркалами заднего вида с подогревом, стеклоочистителями с электроприводом и стеклоомывателями.

Пригодные для дальнейшего применения узлы и запасные части, образовавшиеся в процессе ремоторизации, были оприходованы установленным порядком и использованы при ремонте оставшихся тепловозов с дизельными двигателями типа 10Д100.

Эксплуатация указанных тепловозов показала экономическую целесообразность ремоторизации за счет снижения расхода топлива (на 3–5 %), масла (в 4,2 раза), увеличения межремонтных пробегов (на 20 %) снижения внеплановых простоев на ремонтах ввиду отсутствия запасных частей.

В настоящее время ориентировочная стоимость капитального ремонта тепловоза серии 2ТЭ10М(У) по циклу КР-2 с ремоторизацией дизелем типа Д49 в условиях Белорусской железной дороги составляет 1,682 млн дол. США (4,272 млн руб. на 03.12.2021).

Следует отметить, что стоимость новых грузовых магистральных локомотивов, таких как 2ТЭ25К<sup>М</sup>, составляет не менее 3,750 млн дол. США (9,525 млн руб. на 03.12.2021). При этом покупка данного тепловоза предполагает его последующее техническое содержание в условиях организации-изготовителя, что еще больше увеличивает данную стоимость. В противном случае приобретение новых локомотивов повлечет за собой дополнительные финансовые затраты на создание базы по их содержанию и обслуживанию.

При оборудовании одного двухсекционного тепловоза 2ТЭ10М(У) дизельными двигателями производства «Caterpillar» с установкой нового синхронного тягового генератора, выпрямительной установки, а также с изменением силовой и вспомогательной электрических цепей управления стоимость проекта ремоторизации увеличивается до 2,944 млн дол. США (7,478 млн руб. на 03.12.2021). Кроме того, для ремонта и обслуживания указанных двигателей потребуется создание базы для их обслуживания, что также приведет к дополнительным финансовым затратам.

Таким образом, ремоторизация указанных тепловозов дизельными двигателями типа Д49 (1А-9ДГисп-3) является наиболее приемлемым вариантом формирования структуры их жизненного цикла на период до 2040 года. В настоящее время в локомотивных депо, выполняющих капитальный ремонт тепловозов данной серии, имеется всё необходимое оборудование для ремонта, диагностики и обслуживания данных двигателей.

Проведение ремоторизации всему оставшемуся парку тепловозов 2ТЭ10М(У) нецелесообразно, так как часть их (15 единиц) прошла капитальные виды ремонта, в связи с чем проведение повторных ремонтов с ремоторизацией до окончания назначенного срока службы не является экономически оправданным.

Последовательность ремоторизации тепловозов с установкой дизельных двигателей типа Д49, на общую сумму 37,002 млн дол. США (93,984 млн руб. на 03.12.2021) при выполнении им капитальных ремонтов КР-1, КР-2 в локомотивных депо Жлобин и Витебск в период с 2022 по 2025 год приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Периодичность выполнения работ по ремоторизации тепловозов серии 2ТЭ10М(У)

Вид ремонта	Количество тепловозов по годам				Итого до 2025 г.
	2022	2023	2024	2025	
КР-2	6	4	1	0	11
КР-1	2	2	3	4	11
<i>Всего</i>	8	6	4	4	22
Стоимость, млн руб.	34,176	25,632	17,088	17,088	<b>93,984</b>

Указанная ремоторизация позволит обеспечить потребность парка в магистральных грузовых тепловозах до 2029 года без дополнительных закупок.

Тепловозы серии М62 выбывают ввиду истечения срока службы, технического состояния несущих элементов конструкции, а также отсутствия запасных

частей, узлов и комплектующих для надлежащего технического содержания. Используемый двухтактный дизельный двигатель 14Д40 характеризуется повышенным удельным расходом топлива. Ежегодно Белорусская железная дорога ремонтирует в условиях АО «Даугавпилсский локомотиворемонтный завод» 7–10 блоков цилиндров дизеля 14Д40 (ориентировочная стоимость каждого ремонта составляет 10,3 тыс. дол. США (26,2 тыс. руб. на 03.12.2021)). По остаточному ресурсу и технико-экономическим характеристикам модернизацию либо ремоторизацию указанных тепловозов выполнять нецелесообразно. Тепловозы серий М62К, М62УК, 2М62К, 2М62УК в прогнозируемый период эксплуатируются без изменений.

Тепловозы серии ДМ62 целесообразно подвергнуть ремоторизации с заменой двигателей 14Д40 на 5Д49 и последующим продлением срока службы до 2046–2052 годов. Последовательность ремоторизации данных тепловозов на общую сумму 1,819 млн дол. США (4,620 млн руб. на 03.12.2021) в период с 2023 по 2027 год приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Периодичность выполнения работ по ремоторизации тепловозов серии ДМ62

Вид ремонта	Количество тепловозов по годам			Итого до 2027 г.
	2023	2025	2027	
КР-2	1	1	2	4
<i>Всего</i>	1	1	2	4
Стоимость, млн руб.	1,155	1,155	2,310	<b>4,620</b>

Получено 31.05.2024

**A. A. Erofeev.** Analysis of the state and direction of development of the fleet of freight locomotives of the Belarusian Railway.

The article analyzes the state of the fleet of freight locomotives of the Belarusian railway, and determines the amount of locomotive retirement in the period up to 2040. The efficiency of using locomotives of different series was assessed. Proposals were given for the implementation of measures to extend the service life of diesel locomotives and their modernization.

*Электровозы.* В прогнозируемый период до 2040 года ожидается практически полное выбытие электровозов серии ВЛ80С (в 2031–2033 годах их количество снижается с 52 до 5 единиц), что образует существенный дефицит в данной группе тягового подвижного состава. Приемлемым техническим решением является разработка к 2027 году методики продления срока службы данных локомотивов до 60 лет. В случае увеличения потребного парка электровозов после 2030 года потребуется их дополнительная закупка (предпочтительны универсальные грузопассажирские локомотивы мощностью до 6000 кВт).

**Выводы.** Реализация программы модернизации локомотивов грузового движения в совокупности с реализацией мероприятий по продлению установленного срока службы локомотивов является высокоэффективным технологическим мероприятием. Ее реализация позволит существенно сократить потребность в приобретении подвижного состава и обеспечить выполнение плана поездной работы.

#### Список литературы

1 Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 апреля 2016 г. № 345 «Об утверждении Государственной программы развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы». – Минск, 2016.

2 Отчет о выполненной работе «Разработка программы обновления локомотивов и моторвагонного подвижного состава на 2021–2025 год, с учетом горизонта оценки до 2030 года»; договор от 15 октября 2021 г. № Т/Ю-475/15095. – Гомель, 2022. – 225 с.