

ЧАСТЬ II
ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

**4. Технико-экономическое
обоснование эффективности
электровоза**

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОВОЗА

1 Введение

Предлагаемый электровоз серии ZEL1501 представляет собой магистральный 8-осевой грузовой электровоз с приводом переменного тока для движения на железнодорожных путях на территории Грузии. Электровоз спроектирован на основе многолетних опытов по проектированию и производству электровозов и соответствует техническим принципам, как передовой, развитый, экономический и надежный. Электровоз выполняется по требованиям к модуляризации, стандартизации, серийности и на основе технической платформы электровозов серии HXD1, KZ4AC, и O'Z-Y.

2 Информация об условиях окружающей среды и путей в Грузии

2.1 Информация об окружающей среде и перевозке

№	Показатель	Показатель
1.	Температура окружающей среды	-40°C~+50°C
2.	Высота над уровнем моря	Не более 1300m
3.	Влажность	Максимальная относительная влажность 90 % (при температуре 27 °C)
4.	Род груза	Нефтепродукты и сухие грузы

2.2 Информация о путях

Максимальный уклон на путях: 29‰

3 Технические параметры электровоза серии ZEL1501 по сравнению с электровозами серии ВЛ10, ВЛ11

Таблица 1 – Технические параметры

№	Наименование показателей	Электровозы ВЛ 10, ВЛ 11	Электровозы ZEL1501
1	Номинальное напряжение сети, В	DC3000	DC3000
2	Осевая формула	2(B ₀ -B ₀)	2(B ₀ -B ₀)

№	Наименование показателей	Электропоезда ВЛ 10, ВЛ 11	Электропоезда ZEL1501
3	масса с 2/3 запаса песка, т	184	200
4	Нагрузка на ось, кН, т	22,5(23)	25
5	Общая мощность продолжительного режима на валах тяговых двигателей, кВт	4600	9600
6	Сила тяги при трогании с места, кН	614	≥752
7	Скорость продолжительного режима, км/ч	51.2	55
8	Сила тяги продолжительного режима, кН	314	580
9	Максимальная конструкционная скорость, км/ч	100	132
10	Номинальный диаметр бандажа колесной пары по кругу катания, мм	1250	1250
11	Высота оси автосцепки от головки рельса при новых бандажах, мм	980-1080	1040-1080
12	Минимальный радиус проходимых кривых на тракционных путях при скорости до 10 км/ч, м	125	125
13	Длина электропоезда по осям автосцепки, м	32.84	35.1
14	Срок службы, г	33	40
15	Наличие системы смазки	есть	есть

Таблица 2 – Периодичность выполнения технических обслуживания и ремонта

Электропоезда ВЛ 10, ВЛ 11			Электропоезда ZEL1501		
Вид ремонта	Период между ТО и ремонтами		Вид ремонта	Период между ТО и ремонтами	
	время			Время	Пробег, км
Капитальный	12 лет	2 100 000	Капитальный	12 лет	2 400 000

Предложение по проекту
поставки 45 ед. магистральных электропоездов для Грузии

Handwritten signature

163

ремонт(КР-2)			ремонт(КР)		
Капитальный ремонт(КР-1)	6 лет	700 000	Средний ремонт(СР)	6 лет	1 200 000
Текущий ремонт (ТР-3)	3 лет	350 000	Текущий ремонт (ТР-3)	3 лет	600 000
Текущий ремонт (ТР-2)	1,5 года	175 000	Текущий ремонт (ТР-2)	2 года	400 000
Текущий ремонт (ТР-1)	2 месяца	25 000	Текущий ремонт (ТР-1)	1 год	200 000
Техническое обслуживание (ТО-3)	1 месяца	12 500	Техническое обслуживание (ТО-3)	6 месяцев	100 000
Техническое обслуживание (ТО-2)	Не более 48 часов	Не более 48 часов	Техническое обслуживание (ТО-2)	полумесяц	10 000

Таблица 3 – тяговые единицы

Показатель	Направление	Значение	Тяговая единица	
			Электро возы ВЛ 10, ВЛ 11	Электро возы ZEL1501
Участок		Гардабрани-Тбилиси -Батуми		
Длина участка, км		385		
Длина лимитирующий участка (Хашури-Харагаули), км		41		
Уклон лимитирующий участка (Хашури-Харагаули), промиле	Нечетное	29		
Среднестатистическая масса поезда, т	Четное	2696	1	1
	Нечетное	2129	1	1
Весовая норма поезда, т	Четное	3500	1	1
	Нечетное	3000	1	1
Среднестатистическая масса поезда на лимитирующем участке, т	Четное	2696	1+1	1
	Нечетное	2129	1+2	1
Весовая норма поезда на лимитирующем участке, т	Четное	3500	1+1	1
	Нечетное	3000	1+2	1+1

Предложение по проекту
поставки 45 ед. магистральных электровозов для Грузии

Handwritten signature

Примечание:

Тяговые данные поезда уточняются после получения детальной информации о путях.

Примем основное единичное сопротивление:

$WO' = 5((N/kN)(\text{электровоз})$

$WO'' = 3.5(N/kN)(\text{вагон})$

Допустим, что макс. уклон нечетной линии - 29‰, 1 электровоз ZEL1501 + 2 электровоза ВЛ 10 или ВЛ 11 тянут один поезд массой 3000 т, возможно осуществление трогания и эксплуатации электровоза.

Таблица 4 – Потребный парк локомотивов

Наименование	Электровозы ВЛ 10, ВЛ 11	Электровозы ZEL1501
Среднесуточное количество электровозов находящихся в эксплуатации	17.8	-
Оперативный резерв электровозов	0.8	-
Подталкивающие электровозы	6.8	-
Электровозы в ожидании работы	3	-
Электровозы находящиеся в ремонте и ТО	3.6	-
ИТОГО, эл	32	-

Примечание: Потребные данные будут предоставлены после получения детальной информации о эксплуатационных путях и условиях.

Таблица 5 – Электроэнергия

Наименование показателей	Электровозы ВЛ 10, ВЛ 11	Электровозы ZEL1501
Объем перевозок в грузе в направлении в год, млн.т	14	14
Парк электровозов, ед	32	45
Общий расход электроэнергии в расчете на объем перевозок в год, тыс. кВт/ч	160,000	95 307
Стоимость электроэнергии за кВт/ч, дол.США	0.042	0.042
Стоимость электроэнергии в расчете на объем перевозок в год, тыс.дол.США	6,720.0	4,002
Стоимость электроэнергии в расчете на один электровоз, тыс.дол.США	210	89

Предложение по проекту
поставки 45 ед. магистральных электровозов для Грузии

78

Примечание: при расчете расходов электроэнергии допустим:

1) общая протяженность участка – 385км; при тяжеловесном ходе электровоз с грузом весом 3036т идет при подъеме с уклоном- 3‰, со средней скоростью движения – 74,5км/ч; при пустом ходе электровоз с пустыми вагонами весом 1233т при спуске с уклоном - 3‰, со средней скоростью движения – 74,5км/ч; рельсы в хорошем состоянии;

2) без учета кривой, остановки в пути, лимита скорости и других.

3) при движении по направлению спуска электровоз отдает приоритет рекуперативному торможению. Из-за отсутствия детальных данных о системе электроподдачи, допустим, что вся энергия рекуперативного торможения не возвращается в контактную сеть. При движении пустого электровоза при спуске, энергию электровоза обеспечивает рекуперативное торможение, расход энергии на эксплуатацию электровоза по всему участку является 0.

4) Стоимость электроэнергии за кВт/ч– 0.042долл.

Таблица 6 – Количество ремонтов за срок службы

Электровозы ВЛ 10, ВЛ 11		Электровозы ZEL1501	
Вид ремонта	Количество за срок службы	Вид ремонта	Количество за срок службы
	ед		ед
Капитальный ремонт(КР-2)	2	Капитальный ремонт(КР)	3
Капитальный ремонт(КР-1)	3	Средний ремонт(СР)	3
Текущий ремонт (ТР-3)	5	Текущий ремонт (ТР-3)	7
Текущий ремонт (ТР-2)	11	Текущий ремонт (ТР-2)	13
Текущий ремонт (ТР-1)	177	Текущий ремонт (ТР-1)	13
Техническое обслуживание (ТО-3)	198	Техническое обслуживание (ТО-3)	40
Техническое обслуживание (ТО-2)	5626	Техническое обслуживание (ТО-2)	880



Таблица 7 – Расходы на ТО и ремонты

	Электропоезда ВЛ 10, ВЛ 11	Электропоезда ZEL1501
Парк электропоездов, ед	32	45
Расходы на ТО и ремонты на парк электропоездов, тыс.дол.США/в год	4.800	Примерно 5400
Расходы на ТО и ремонты на один электропоезд, тыс.дол.США/в год	150	Примерно 120

Таблица 8 – Расходы на оплату труда локомотивных бригад

	Электропоезда ВЛ 10, ВЛ 11	Электропоезда ZEL1501
Парк электропоездов, ед	32	45
Расходы на оплату труда локомотивных бригад на парк электропоездов, тыс.дол.США/в год	1,910	2685.78
Расходы на оплату труда локомотивных бригад на один электропоезд, тыс.дол.США/в год	59.684	59.684

4 Сравнение характеристики электропоезда серии ZEL1501 и электропоезда серии ВЛ 10, ВЛ 11

- ✧ Электропоезд серии ZEL1501 имеет более большую тяговую силу при трогании и продолжительную мощность. На электропоезде используется технология по управлению сцеплением при большой нагрузке от оси на рельсы, что позволит электропоезду отличаться превосходной тяговой характеристикой.
- ✧ Сила тяги при трогании электропоезда серии ZEL1501 (752кН) превышает электропоезда ВЛ 10, ВЛ 11 (613кН) на 139кН. Мощность на вале – 1244 кВт, общая мощность – 9600кВт. При одной и той же скорости, тяговая сила продолжительного режима увеличена на 84%, чем у электропоездов ВЛ 10, ВЛ 11. Пропускная способность железных линий будет увеличена на 20% без необходимости изменения расписания движения поездов.
- ✧ Максимальная эксплуатационная скорость электропоезда ZEL1501 (120км/ч) превышает электропоезда ВЛ 10, ВЛ 11 на 20%, что увеличивает пропускную способность железных дорог и отвечает потребностям развития высокоскоростной тяжеловесной перевозки в ближайшие годы для Грузии.
- ✧ Электропоезд ZEL1501 разработан в соответствии с международными

стандартами и конструкторской концепцией о модуляризации, интеграции, стандартизации и сериализации, что значительно уменьшит количество отказов, обеспечит локомотивной бригаде удобный доступ и уменьшит время на обслуживание.

- ✧ Электровоз ZEL1501 имеет привод переменного тока и систему управления с передовой характеристикой и высокой надежностью.
 - Тяговый двигатель электровоза ZEL1501 является высокоэффективным и мощным.
 - Тяговый электродвигатель переменного тока имеет малогабаритное и облегченное преимущество. На ограниченных пространствах тележки допускается установить более мощный двигатель. При условиях одинаковых установочных пространств тележки асинхронный тяговый электродвигатель переменного тока имеет большую мощность на 78% по сравнению с ТЭД постоянного тока, одновременно может максимально уменьшить вес на 33%.
 - Отсутствие коммутаторов позволяет освободиться от ограничения поверхностной линейной скорости коммутатора и повысить надежность.
 - Возможность длительно подавать полный момент при статическом состоянии – это очень важно для пуска тяжеловесного поезда в сложных условиях путей.
 - Электродвигатель переменного тока отличается большим диапазоном постоянной мощности, что позволяет проявить превосходство мощности электровоза
 - Крутая механическая характеристика помогает защищать от буксования/скольжения и восстановить сцепление.
 - Конструкция простая и надежная, что помогает уменьшить объем работы и затраты на ремонт и обслуживание, а также удлинить служебный срок.
 - Вместо GTO модуль IGBT становится основной популярной деталью системы преобразования тока на электровозах, благодаря своим преимуществам, таким, как маленькие потери при переключении, низкий процент неисправностей и удобное управление.
 - Один новейший фазовый модуль IGBT в 6,5кВ типа водяного охлаждения может питать один электродвигатель. Таким образом



можно упростить конструкцию цепи инвертора и повысить надежность при более низкой себестоимости.

- С использованием высоковольтных элементов под напряжением 6,5кВ при условиях одинаковой мощности допускается уменьшение тока элемента, снижение объема и веса электродвигателей и других больших компонентов, а также снижение потери системы.
- ✧ Электровоз ZEL1501 имеет более высокую эффективность и возвращает электроэнергию в сеть через рекуперативное торможение для лучшей экономии электроэнергии.
- ✧ Применяется высокоэффективная электроприводная система переменного тока и узлы. В номинальном рабочем режиме эффективность тягового электродвигателя - 95%, эффективность инвертора - 99%. Эффективность целой тяговой системы - 94%, что выше чем у электровоза ВЛ 10, ВЛ 11 на 4%.
- ✧ Тормозная система отдает приоритет рекуперативному торможению, что позволит возвращать тормозную энергию обратно в сеть. Резистивное торможение применяется и тормозная энергия потребляется только при насыщенной сети. Таким образом, электровоз ZEL1501 более энергосберегающий по сравнению с электровозами ВЛ 10, ВЛ 11. (Фактический объем возвращенной энергии и пропорция энергосбережения зависят от путей и формы перевозки)
- ✧ На электровозе ZEL1501 применяется современная микропроцессорная сетевая система управления согласно стандарту TCN.
- ✧ Взамен традиционных электроаппаратов с точками контактов и релейного логического контроля используются микропроцессорная сетевая система управления и программирование, что помогает реализовать сложную логику управления, значительно уменьшать количество отказов из-за электроаппаратов с точками контактов и повысить надежность всей системы.
- ✧ Основные узлы электровоза ZEL1501 соединяются через сеть. Машинист может своевременно узнать всякое состояние электровоза. Новая микропроцессорная сетевая система управления может реализовать контроль за состояниями, защиту от неисправности и функцию -дисплей, упростить управление, уменьшать трудоемкость машинистов и повышать безопасность перевозки.
- ✧ Микропроцессорная сетевая система управления имеет двухсистемную

78

169

запасную функцию, что повышает надежность электровоза.

- ✧ Микропроцессорная сетевая система управления имеет программы для хранения и анализа в рабочих условиях Windows, что помогает обслуживающим персоналам в депо всестороннее ознакомиться с информацией об эксплуатации и состоянии электровозов.
- ✧ Применяется полная трехмерная разработка и широко проводится моделированный анализ. Механическая часть разработана с разумной конструкцией и годна к тяжеловесной перевозке.
- ✧ Для разработки механической части электровоза ZEL1501 применяется самый современный в мире метод – полная трехмерная разработка и анализ с ограниченными элементами, а также проверяется с помощью моделированных расчетов.
- ✧ Кузов электровоза ZEL1501 имеет цельнонесущую конструкцию и центральную балку в качестве основного элемента для передачи тяговой силы. Данная конструкция кузова имеет высокую прочность и маленький вес, что подходит тяжеловесному вождению.
- ✧ Тележка использует высокопрочную раму и тяговый брус в низком положении. Такая конструкция тележек рациональная и имеет лучшие динамические характеристики.
- ✧ Используется цельнокатанные колеса для повышения уровня безопасности эксплуатации электровоза.
- ✧ Электровоз ZEL1501 предоставляет локомотивным бригадам хорошую среду операции, удовлетворяя нужды при эксплуатации на большое расстояние и долгое время.
- ✧ Электровоз ZEL1501 имеет различные способы для изоляции шума. В кабине уровень шума низкий(75dB(A)).
- ✧ Электровоз ZEL1501 проектируется согласно EMC, чтобы узлы, системы и целый электровоз отвечали международному железнодорожному стандарту по электромагнитной совместимости EN 50121, обеспечивая машинистам здоровую и хорошую рабочую среду.
- ✧ В кабине машиниста предусмотрена индивидуальная кондиционерная система.
- ✧ По требованиям клиента в электровозе ZEL1501 возможно установить кровать, печь для нагрева пищи и другие приборы, необходимые для бытовой нужды при эксплуатации на большое расстояние и долгое время.

