



Директору грузовых перевозок
АО «Грузинской железной дороги»

г. Т. Тодуа

Дата: 31 августа 2016г.

№ CR015

Листов: 1+28

Уважаемый господин Тодуа!

Согласно Вашим требованиям к обеспечению исправления несоответствий и отсутствующих расчетов, которые указаны в заключении экспертизы ПКБ ЦТ ОАО «РЖД» от 27 июля 2016 года с представленными нами технико-экономического обоснования замена инвентарного парка локомотивов грузинский железной дороги, настоящим предоставляем данное ответное письмо с «Технико-экономическое обоснование Электровоз магистральный грузовой постоянного тока ZEL1501», которое переработано нашим консультантом по поручению нашей компании в соответствии с Распоряжением №2459р ОАО РЖД от 27 декабря 2007 года и результатом заключения экспертизы ПКБ ЦТ ОАО «РЖД» от 27 июля 2016 года.

Конкретность см. в приложении (всего 28 листов).

Приложение:

Технико-экономическое обоснование Электровоз магистральный грузовой постоянного тока ZEL1501

С уважением,

Фу Яньпин

Зам.начальника центра зарубежной деятельности

CRRC ООО «Чжучжоуской электровозостроительной компании»

CRRC ZHUZHOU LOCOMOTIVE CO., LTD.

Handwritten signature

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«МИИТ-СЕРВИС»

СОГЛАСОВАНО:
Заместитель начальника центра
зарубежной деятельности
СРРС ООО «Чжучжоуская
электровозостроительная компания»

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
ООО «МИИТ-Сервис»

 Фу Яньпин
«25» 08 2016 г.

 П. И. Красовицкий
«25» 08 2016 г.


**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ**

**ЭЛЕКТРОВАЗ МАГИСТРАЛЬНЫЙ ГРУЗОВОЙ
ПОСТОЯННОГО ТОКА ZEL1501**

Москва – 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	4
1.1. Технические характеристики электровозов	4
1.2. Тяговые характеристики электровозов	5
1.3. Характеристики системы ремонта локомотивов	6
1.4. Характеристики участка обращения	7
2. ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОВОЗОВ	8
2.1. Коэффициент учета роста производительности локомотива	8
2.2. Коэффициент учета изменения срока службы	8
2.3. Годовой пробег электровозов	9
2.4. Грузооборот на участке	10
2.5. Годовая программа ремонтов	10
2.6. Удельный расход электроэнергии	11
2.7. Локомотиво-часы чистого движения	122
2.8. Потребный парк поездных локомотивов	132
3. ОЦЕНКА СОСТАВЛЯЮЩИХ ЗАТРАТ	14
3.1. Затраты на техническое обслуживание и ремонт	14
3.2. Затраты на неплановые ремонты	15
3.3. Затраты на электроэнергию на тягу поездов	15
3.4. Затраты на оплату труда локомотивных бригад	16
3.5. Затраты на содержание верхнего строения пути	17
3.6. Затраты на экипировочные материалы	18
3.7. Сопутствующие единовременные затраты, связанные с внедрением техники в эксплуатацию	18
4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	19
4.1. Определение цены базового электровоза	19
4.2. Расчет полезного эффекта	19
4.3. Расчет лимитной цены	22
4.4. Расчет чистого дисконтированного дохода и срока окупаемости	23
4.5. Расчет внутренней нормы доходности	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27
СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	29

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее технико-экономическое обоснование магистрального грузового электровоза постоянного тока ZEL1501 (далее — новый электровоз) подготовлено для включения в комплект документации CRRC ООО «Чжучжоуская электровозостроительная компания» (далее — производитель), связанной с выражением интереса АО «Грузинская Железная Дорога» по приобретению 45 грузовых электровозов.

Все используемые в документе технические характеристики нового электровоза соответствуют редакции технических требований «Электровоз магистральный постоянного тока грузовой для Грузии» утвержденной АО «Грузинская Железная Дорога» от 15 августа 2014 г. и согласованной с Проектно-конструкторским бюро локомотивного хозяйства — филиала ОАО «Российские железные дороги» (ПКБ ЦТ ОАО «РЖД»).

В качестве базового варианта электровоза, используемого для сравнения, принят электровоз серии ВЛ11.

Технико-экономическое обоснование выполнено в соответствии с:

- Методическими рекомендациями по обоснованию эффективности инноваций на железнодорожном транспорте [1];
- Методическими рекомендациями по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте [2];
- Методикой определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта [3];
- Регламентом определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта [4];
- Методическими указаниями по определению технико-экономической эффективности новых и усовершенствованных электровозов [5];
- Правилами тяговых расчетов для поездной работы [6].

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1. Технические характеристики электровозов

Основные технические характеристики базового варианта электровоза и нового электровоза приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики базового и нового электровозов.

Показатель	Значение	
	базовый	новый
1	2	3
Номинальное напряжение на токоприемнике, В	3 000	3 000
Ширина колеи, мм	1 520	1 520
Осевая формула	$2 \times (2_0 - 2_0)$	$2 \times (2_0 - 2_0)$
Номинальная нагрузка от одной колесной пары на рельсы, т	23	24,5
Сцепная масса с 0,67 запаса песка, т	184	196
Номинальный диаметр колесной пары по кругу катания, мм	1 250	1 250
Конструкционная скорость, км/ч	100	120
Мощность продолжительного режима, кВт	4 480	9 600
Сила тяги продолжительного режима, кН	331	580
Скорость продолжительного режима, км/ч	51,2	55
Мощность часового режима, кВт	5 360	9 600
Сила тяги часового режима, кН	387	580
Скорость часового режима, км/ч	48,7	55
Тип тягового двигателя	коллекторный последовательного возбуждения	асинхронный
Срок службы	33	40
Коэффициент технической готовности	89,8	95

Характеристики базового электровоза предоставлены АО «Грузинская Железная Дорога».

Как видно из таблицы 1.1 основное преимущество нового электровоза по сравнению с базовым состоит в использовании асинхронного тягового электродвигателя, что позволяет достичь более высокой мощности и силы тяги при прочих равных условиях.

1.2. Тяговые характеристики электровозов

Тяговые характеристики электровозов приведены на рисунке 1.1. При этом следует отметить, что тяговая характеристика базового варианта электровоза представлена только ограничением по сцеплению и характеристикой параллельного (П) соединения тяговых электродвигателей при режиме ослабления поля ОПЗ.

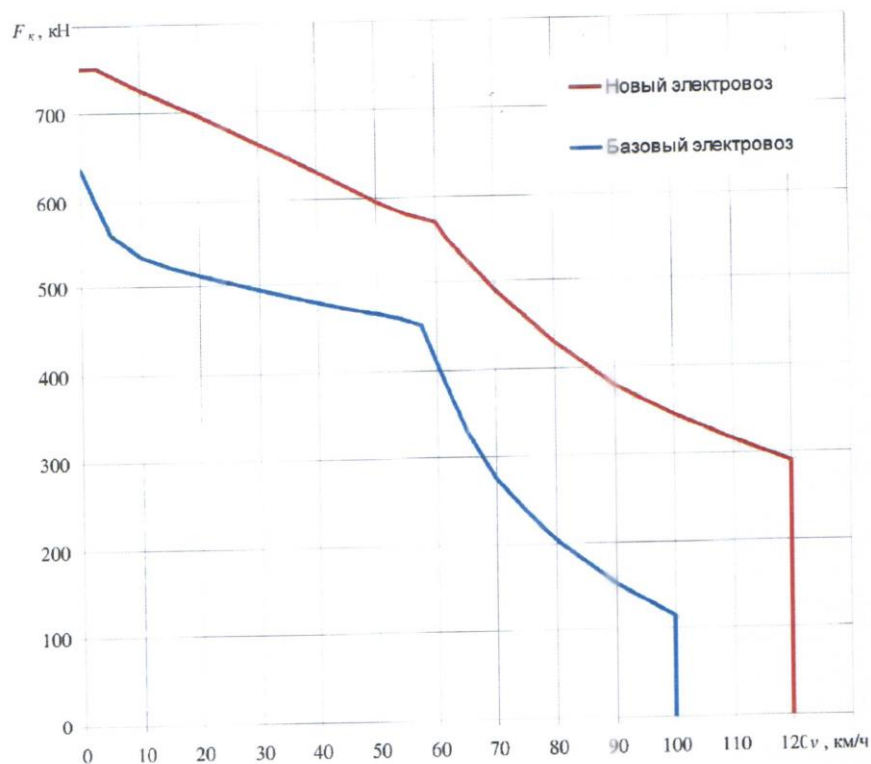


Рисунок 1.1 – Тяговые характеристики электровозов.

Как видно из рисунка 1.1, тяговая характеристика нового электровоза имеет более высокие значения силы тяги по сравнению с характеристикой базового электровоза при одинаковых скоростях движения, то есть позволяет

водить поезда большей массы. Кроме того, расчетная скорость движения для базового электровоза v_p^B составляет 46,7 км/ч, а для нового электровоза расчетная скорость v_p^H составляет 55 км/ч.

1.3. Характеристики системы ремонта локомотивов

Для электровоза базового варианта и нового электровоза используется планово-предупредительная система ремонтов. Нормы межремонтных пробегов приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Нормы межремонтных пробегов электровозов.

Базовый		Новый	
Вид ремонта	Периодичность	Вид ремонта	Периодичность
1	2	3	4
КР-2	12 лет (2 100 тыс. км)	КР	12 лет (2 400 тыс. км.)
КР-1	6 лет (700 тыс. км)	СР	6 лет (1 200 тыс. км.)
ТР-3	3 года (350 тыс. км)	ТР-3	—
ТР-2	1,5 года (175 тыс. км)	ТР-2	3 года (600 тыс. км.)
ТР-1	2 месяца (25 тыс. км)	ТР-1	1 год (200 тыс. км.)
ТО-3	1 месяц (12,5 тыс. км)	ТО-3	6 месяцев (100 тыс. км)
ТО-2	48 часов	ТО-2	360 часов (10 тыс. км)

Периодичность ремонтов электровозов ZEL1501 определена на основании многолетних опытов по эксплуатации, обслуживанию и ремонту разных серий локомотивов производства CRRC ООО «Чжучжоуская электровозостроительная компания», а также с учетом их экономической целесообразности и фактической надежности оборудования. Следует отметить, что для нового электровоза предусмотрено всего 6 видов технического обслуживания и ремонта, не предусмотрен ремонт в объеме ТР-3.

Срок службы электровоза базового варианта составляет 33 года. Срок службы нового электровоза составляет 40 лет или 8 млн. км пробега в зависимости от того, что наступит раньше.

1.4. Характеристики участка обращения

В качестве участка обращения электровозов принят условный участок железной дороги, характеристики которого соответствуют участку Гардабани – Тбилиси – Батуми с лимитирующим участком Хашури – Харагаули. На данном участке эксплуатируются электровозы серии ВЛ10 (ВЛ11).

Организация движения поездов на рассматриваемом участке следующая:

- на всем протяжении участка, за исключением лимитирующего участка поезд следует с одним электровозом в голове;
- в четном направлении лимитирующего участка поезд следует с подталкивающим электровозом;
- в нечетном направлении лимитирующего участка поезд следует двойной тягой с подталкивающим электровозом.

Характеристики участка приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристики участка обращения электровозов.

Показатель	Значение	
	четное направление	нечетное направление
1	2	3
Длина участка (Гардабани – Тбилиси – Батуми) $L_{\text{ул}}$, км	385	385
Длина лимитирующего участка (Хашури – Харагаули) $L_{\text{лиг}}$, км	41	41
Уклон на лимитирующем участке (Хашури – Харагаули) $i_{\text{лиг}}$, ‰	—	29
Весовая норма поезда Q_H , т	3 500	3 000
Среднестатистическая масса поезда $Q_{\text{ст}}$, т	2 696	2 129
Объем перевозок по направлениям, т.	7 823 000	6 177 000
Объем перевозок в груженом направлении в год $\sum Q_{\text{год}}$, т	14 000 000	
Эксплуатируемый парк локомотивов $M_{\text{э}}$	17,8	
Парк подталкивающих локомотивов $M_{\text{подт}}$	6,8	
Потребный парк локомотивов $M_{\text{п}}$	36	
Среднее время простоя в основном депо и пункте оборота t_d , час	7,2	
Годовой расход электроэнергии на тягу поездов A , квт·ч	180 000 000	

На основании информации, приведенной в таблице 1.3, можно рассчитать и другие показатели, характеризующие процесс эксплуатации электровозов.

2. ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

2.1. Коэффициент учета роста производительности локомотива

Коэффициент учета роста производительности нового локомотива рассчитывается по соотношению потребных парков базового и нового подвижного состава при выполнении одинаковой перевозочной работы. Расчет потребного парка новых локомотивов приведен в пункте 2.8.

$$K_{\Pi} = \frac{M_{\Pi}^B}{M_{\Pi}^H} = \frac{36}{11} = 3,27. \quad (2.1)$$

2.2. Коэффициент учета изменения срока службы

Коэффициент учета изменения срока службы нового подвижного состава по сравнению с базовой моделью определяется как:

$$K_{\Delta} = \frac{\frac{1}{T^B} + E_H}{\frac{1}{T^H} + E_H}, \quad (2.2)$$

где T^B и T^H — сроки службы базового и нового локомотива;

E_H — нормативный коэффициент экономической эффективности (норма дисконта).

Значение E_H определяется многими факторами. Для дальнейших расчетов примем его величину в соответствии с условиями конкурсной документации, то есть $E_H = 0,1$. Тогда:

$$K_{\text{д}} = \frac{\frac{1}{33} + 0,1}{\frac{1}{40} + 0,1} = 1,042. \quad (2.3)$$

2.3. Годовой пробег электровозов

Общий годовой пробег электровозов $\sum ML$ определяется как:

$$\sum ML = \sum ML^{\text{гол}} + \sum ML^{\text{подт}}, \quad (2.4)$$

где $\sum ML^{\text{гол}}$ — пробег электровозов в голове поездов (в том числе двойной тягой);

$\sum ML^{\text{подт}}$ — пробег электровозов в подталкивании.

Каждая составляющая представляет собой произведение количества электровозов заданной категории на протяженность их участка работы.

С учетом существующей организации движения поездов, общий годовой пробег электровозов составит:

$$\begin{aligned} \sum ML^B &= 365 \cdot 2 \cdot [(L_{\text{уч}} - L_{\text{лим}}) \cdot M_{\text{э}} + L_{\text{лим}} \cdot (M_{\text{э}} + M_{\text{подт}})] = \\ &= 365 \cdot [(385 - 41) \cdot 17,8 + 41 \cdot (17,8 + 6,8)] = 5\,206\,214 \text{ лок} \cdot \text{км} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Среднее время оборота одного нового локомотива определяется как сумма среднего времени нахождения поезда на участке и времени простоя в основном депо и пункте оборота, то есть

$$t_{\text{об}} = \frac{2 \cdot L_{\text{уч}}}{\beta_{\text{уч}} \cdot v_{\text{уч}}} + t_{\text{д}} = \frac{2 \cdot 385}{0,9 \cdot 55} + 7,2 = 22,75 \text{ ч.}$$

Поскольку новый электровоз обладает более высокой производительностью и не требуется подталкивание, общий годовой пробег этих электровозов составит:

$$\sum ML^H = \frac{365 \cdot 48 \cdot L_{\text{гид}}}{t_{\text{об}}} \cdot M_{\text{II}}^H = \frac{365 \cdot 48 \cdot 385}{22,75} \cdot 11 = 3\,261\,412 \text{ лок-км.} \quad (2.6)$$

2.4. Грузооборот на участке

Грузооборот — экономический показатель работы транспорта, равный произведению массы перевозимого за определённое время груза на расстояние перевозки. Для рассматриваемого участка его величина определяется как:

$$\sum QL = \sum Q_{\text{гид}} \cdot L_{\text{гид}} = 14\,000\,000 \cdot 385 = 5,39 \cdot 10^9 \text{ т-км.} \quad (2.7)$$

2.5. Годовая программа ремонтов

Количество ремонтов K -го вида за год эксплуатации определяется как:

$$N_K = \frac{\sum ML}{L_K} - \sum_{i=1}^{K-1} N_i, \quad (2.8)$$

где $\sum_{i=1}^{K-1} N_i$ — суммарное число ремонтов, имеющих большие объёмы;

L_K — норма межремонтного пробега до ремонта K -го вида.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты расчетов годовой программы ремонтов электровозов.

Базовый		Новый	
Вид ремонта	Количество ремонтов	Вид ремонта	Количество ремонтов
1	2	3	4
КР-2	2,479	КР	1,359
КР-1	4,958	СР	1,359
ТР-3	9,917	ТР-3	—
ТР-2	19,833	ТР-2	4,077
ТР-1	188,415	ТР-1	12,230
ТО-3	228,082	ТО-3	20,384
ТО-2	5840,000	ТО-2	305,757

Как видно из таблицы 2.1 годовая программа ремонтов новых электровозов для рассматриваемых условий будет меньше, чем для базового варианта.

2.6. Удельный расход электроэнергии

Удельный расход электроэнергии — показатель, определяемый как отношение общего количества израсходованной электроэнергии к освоенному за год объему перевозок, то есть:

$$a = \frac{A}{\sum QL} \quad (2.9)$$

Для базового варианта удельный расход электроэнергии составит:

$$a^h = \frac{180000000}{5,39 \cdot 10^9} = 33,39 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{км}} \quad (2.10)$$

Удельный расход электроэнергии нового электровоза в настоящее время неизвестен, но можно предположить, что за счет использования:

– асинхронного тягового электродвигателя вместо двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением;

– плавного регулирования в процессе пуска вместо контакторно-реостатного;

– моторно-осевых подшипников качения вместо подшипников скольжения

его величина будет на 10—12 % меньше, чем для базового варианта.

В дальнейших расчетах будем принимать, что:

$$a^H = 0,9 \cdot a^B = 0,9 \cdot 33,39 = 30,05 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{км}}. \quad (2.11)$$

2.7. Локомотиво-часы чистого движения

Локомотиво-часы чистого движения — годовой фонд времени работы локомотивов на участке, который определяется как частное от деления годового пробега локомотивов на расчетную скорость:

$$\sum MT = \frac{\sum ML}{v_p}. \quad (2.12)$$

Для базового варианта локомотиво-часы чистого движения составят:

$$\sum MT^B = \frac{5\,206\,214}{46,7} = 111\,482 \text{ лок} \cdot \text{ч}. \quad (2.13)$$

Для нового электровоза локомотиво-часы чистого движения составят:

$$\sum MT^H = \frac{3\,261\,412}{55} = 59\,298 \text{ лок} \cdot \text{ч} \quad (2.14)$$

2.8. Потребный парк поездных локомотивов

Потребный парк поездных локомотивов определяется длиной участка обращения локомотивов $L_{\text{уч}}$, расчетной скоростью v_p , коэффициентом участковой скорости $\beta_{\text{уч}}$, грузооборотом $\sum Q_{\text{год}}$ и средним весом поезда в четном и нечетном направлениях:

$$M_{\text{п}}^{\text{н}} = \frac{1}{24 \cdot \frac{K_{\text{п}}}{100}} \left(\frac{2L_{\text{уч}}}{\beta_{\text{уч}} \cdot v_p} + t_{\text{н}} \right) \frac{\sum Q^{\text{неч}}}{365 \cdot Q_{\text{ст}}^{\text{неч}} \cdot \frac{Q_{\text{ст}}^{\text{неч}}}{Q_{\text{ст}}^{\text{чет}}}} =$$
$$\frac{1}{24 \cdot \frac{95}{100}} \left(\frac{2 \cdot 385}{0,9 \cdot 55} + 7,2 \right) \frac{7\,823\,000}{365 \cdot 2696 \cdot \frac{2129}{2696}} = 10,1 \approx 11$$

Таким образом, для заданных размеров движения потребный парк новых электровозов составит 11 единиц.

Следует так же отметить, что более точный расчет потребного парка локомотивов в соответствии с Методикой определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» № 2459р от 27.12.2007 г. выполнить невозможно ввиду отсутствия некоторых исходных данных в конкурсной документации (продолжительность простоя транзитных грузовых поездов на участковой станции; количество участковых станций на участке; удельный вес транзитного поездопотока, проходящего через участковые станции; простой локомотива в пунктах оборота и перецепки).

3. ОЦЕНКА СОСТАВЛЯЮЩИХ ЗАТРАТ

3.1. Затраты на техническое обслуживание и ремонт

Для оценки величины затрат на техническое обслуживание и ремонт использованы средние себестоимости выполнения ремонтов различных объемов электровозов серии ВЛ11 на предприятиях ОАО «РЖД», пересчитанные в доллары США (таблица 3.1). Для нового электровоза принято допущение, что для ремонта одного и того же объема себестоимость совпадает с базовым вариантом. В действительности эта величина будет несколько меньше за счет использования более современного и ремонтнопригодного оборудования, а так же средств диагностирования.

Таблица 3.1 – Себестоимости ремонтов электровозов.

Вид ремонта	Себестоимость ремонта, доллары США
1	2
КР-2	470 000
КР-1 (КР)	330 000
СР	175 800
ТР-3	82 500
ТР-2	16 100
ТР-1	6 450
ТО-3	4 300
ТО-2	172

Результаты расчета годовых затрат на выполнение ремонтов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Затраты на выполнение годовой программы ремонтов.

Базовый		Новый		Абсолютный эффект, доллары США
Вид ремонта	Затраты, доллары США	Вид ремонта	Затраты, доллары США	
1	2	3	4	5
КР-2	1 165 200	КР	448 444	716 756
КР-1	1 636 239	СР	238 898	1 397 341
ТР-3	818 119	ТР-3	—	818 119
ТР-2	319 314	ТР-2	65 636	253 678
ТР-1	1 215 279	ТР-1	78 885	1 136 394
ТО-3	980 752	ТО-3	87 650	893 102

Базовый		Новый		Абсолютный эффект, доллары США
Вид ремонта	Затраты, доллары США	Вид ремонта	Затраты, доллары США	
1	2	3	4	5
ТО-2	1 004 480	ТО-2	52 590	951 890
ВСЕГО	7 139 383	ВСЕГО	972 103	6 167 280

Таким образом, при использовании нового электровоза годовые затраты на проведение технических обслуживаний и ремонтов для заданных условий эксплуатации снижаются на 3,6 млн. долларов США.

3.2. Затраты на неплановые ремонты

Будем считать, что для рассматриваемых вариантов электровозов величина затрат на неплановые ремонты составляет 15 % от затрат на плановые ремонты. Тогда расходы на неплановые ремонты базового локомотива составят $7139383 \cdot 0,15 = 1070907$, а для нового локомотива $972103 \cdot 0,15 = 145815$ долларов США в год.

3.3. Затраты на электроэнергию на тягу поездов

Годовой расход электроэнергии на тягу поездов определяется как:

$$A = a \cdot \sum QL. \quad (3.1)$$

Стоимость 1 кВт·электроэнергии принята равной 0,042 доллара США. Результаты расчета представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Годовые затраты на электроэнергию на тягу поездов.

Базовый			Новый			Абсолютный эффект, доллары США
$a^B, \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{км}}$	$A^B, \text{тыс. кВт}$	Затраты, доллары США	$a^H, \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{км}}$	$A^H, \text{тыс. кВт}$	Затраты, доллары США	
1		2	3	4	5	6
33,39	180 000	7 560 000	30,05	162 000	6 804 000	756 000

Базовый			Новый			Абсолютный эффект, доллары США
$a^B, \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{км}}$	$A^B, \text{тыс. кВт}$	Затраты, доллары США	$a^H, \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{км}}$	$A^H, \text{тыс. кВт}$	Затраты, доллары США	
1		2	3	4	5	6
ВСЕГО		7 560 000	ВСЕГО		6 804 000	756 000

Таким образом, при использовании нового электровоза годовые затраты на электроэнергию на тягу поездов для заданных условий эксплуатации снижаются на 0,76 млн. долларов США.

3.4. Затраты на оплату труда локомотивных бригад

Оплату труда локомотивных бригад осуществляется пропорционально отработанному ей времени. Время работы локомотивной бригады определяется временем движения локомотива по участку и временем простоя локомотивов на основных и промежуточных станциях. Стоимость бригадо-часа указана в конкурсной документации и составляет 5,57 доллара США.

Исходя из этого можно рассчитать годовые затраты на оплату труда локомотивных бригад (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Годовые затраты на оплату труда локомотивных бригад.

Базовый		Новый		Абсолютный эффект, доллары США
$\sum MT^B, \text{лок} \cdot \text{ч}$	Затраты, доллары США	$\sum MT^H, \text{лок} \cdot \text{ч}$	Затраты, доллары США	
1	2	3	4	5
111 482	620 954	59 298	330 289	290 665
ВСЕГО	620 954	ВСЕГО	330 289	290 665

Таким образом, при использовании нового электровоза годовые затраты на оплату труда локомотивных бригад для заданных условий эксплуатации снижаются на 0,29 млн. долларов США.

3.5. Затраты на содержание верхнего строения пути

Технические характеристики нового электровоза, а именно показатели динамических качеств, не хуже чем у базового электровоза. Следовательно расходы на содержание верхнего строения пути не увеличатся. В то же время эта составляющая эксплуатационных затрат определяется методом расходных ставок в зависимости от грузооборота как:

$$I_{\text{мхдр}} = \sum QL \cdot e_{\text{тк}}. \quad (3.2)$$

Величина расходной ставки $e_{\text{тк}}$ учитывает долю зависящих от размеров грузооборота расходов по текущему содержанию главных путей и отчисления на амортизацию верхнего строения пути и включает расходы по текущему содержанию и ремонту рельсов, шпал и балласта. Значение расходной ставки на основании отчетных документов ОАО «РЖД» за 2013 – 2015 годы может быть принято $e_{\text{тк}} = 50$ долларов США на 1 миллион ткм. брутто. Тогда затраты на содержание верхнего строения пути составят:

$$I_{\text{мхдр}} = \frac{5,36 \cdot 10^9}{10^6} \cdot 50 = 268\,000. \quad (3.3)$$

Таким образом, затраты на содержание верхнего строения пути будут составлять 268 000 долларов США в год.

3.6. Затраты на экипировочные материалы

Экипировка нового электровоза песком выполняется при проведении ТО-2, поэтому затраты на экипировочные материалы учтены в затратах на техническое обслуживание и ремонт.

3.7. Сопутствующие единовременные затраты, связанные с внедрением техники в эксплуатацию

К сопутствующим затратам относятся затраты:

- на обучение ремонтного и обслуживающего персонала (в случае, если эти расходы не включены в контрактную стоимость объекта);

- на оборудование деповской и заводской ремонтной базы, в том числе затраты на приобретение дополнительных испытательных и ремонтных комплексов, диагностической и поверочной аппаратуры, специального инструмента, расширение имеющихся площадей и т. п.

В соответствии с коммерческим предложением CRRC ООО «Чжучжоуская электровозостроительная компания» для АО «Грузинская Железная Дорога» все перечисленные составляющие затрат учтены в цене на электровоз, поэтому в данном случае их можно принять равными 0.

4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

4.1. Определение цены базового электровоза

Цена базового электровоза определялась из следующей информации. Выпуск электровозов ВЛ11 прекращен в 1994 г. По расчетам лаборатории цен ОАО «ВЭЛНИИ», стоимость (цена) двухсекционного электровоза ВЛ11, приведенная к ценам, действовавшим на начало 2002 г., составляла 33,4 млн. руб. Индекс цен производителей промышленной продукции за период с 2002 по 2015 год по данным Росстата (доступны по ссылке http://www.gks.ru/bgd/free/B00_24/IssWWW.exe/Stg/d000/1000750R.HTM) составил на начало 2002 года по сравнению с 2000 годом 120,9, а на конец 2015 года по сравнению с 2000 годом 568,7. Таким образом, прирост цены электровоза с 2002 года на конец 2015 года составил $568,7 - 120,9 = 447,8$.

Следовательно, цена базового электровоза на конец 2015 года составляет $33,4 \cdot 4,478 = 149,56$ млн. руб. или в соответствии с курсом Центрального Банка Российской Федерации на 31 декабря 2015 года (72,7827 рубля за доллар США) составит 2 054 955 долларов США.

4.2. Расчет полезного эффекта

Полезный эффект $\mathcal{E}_n$ нового локомотива представляет стоимостную оценку изменения его потребительских свойств по сравнению с базовой техникой, оказывающих влияние на показатели производительности, надежности и долговечности, использования рабочей силы, сырья, материалов, топлива, качество перевозочного процесса, экологические и социальные показатели.

Расчет полезного эффекта осуществляется по формуле:

$$\mathcal{E}_n = C_B \cdot (K_n \cdot K_d - 1) + \Delta LCC' + \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_k + \mathcal{E}_z, \quad (4.2)$$

где $Ц_Б$ — цена единицы базового локомотива;

K_n — коэффициент учета роста производительности локомотива;

K_d — коэффициент учета изменения срока службы нового локомотива по сравнению с базовой моделью;

$\Delta LCC'$ — экономия СЖЦ при использовании новой техники по сравнению с базовой без учета прямых инвестиций в приобретение техники и амортизационных начислений в составе годовых эксплуатационных расходов.

Величина экономии СЖЦ определяется как:

$$\Delta LCC' = \sum_{t=1}^T \Delta \dot{E}_t' \cdot \alpha_t \pm \sum_{t=0}^T \Delta \dot{E}_t' \cdot \alpha_t, \quad (4.3)$$

где $\Delta \dot{E}_t'$ — изменение годовых эксплуатационных расходов потребителя при использовании им нового электровоза в расчете на объем работы, выполняемой новым электровозом за расчетный период.

Годовые эксплуатационные расходы потребителя определяются исходя из прямых материальных и трудовых затрат, а также расходов на содержание и эксплуатацию новых локомотивов. В целях сопоставимости расчетов годовые текущие эксплуатационные расходы при использовании новых локомотивов по сравнению с базовыми рассчитываются на одинаковый годовой объем работы, выполняемой новыми локомотивами.

В состав годовых эксплуатационных расходов не включаются амортизационные отчисления.

$\Delta K_t'$ — изменение сопутствующих капитальных вложений потребителя за срок службы при использовании нового электровоза взамен базового в расчете на объем работы, производимой новым электровозом.

В состав сопутствующих капитальных вложений включаются единовременные затраты, необходимые для функционирования нового электровоза.

Поскольку полезный эффект является базой для расчета предельного уровня цен, в составе единовременных затрат не учитываются затраты на приобретение нового электровоза.

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 + E_H)^i} - \text{коэффициент дисконтирования};$$

$\mathcal{E}_K$ – эффект от изменения качества перевозок;

$\mathcal{E}_C$ – социальный эффект.

$\mathcal{E}_\mathcal{O}$ – экологический эффект.

Результаты расчета составляющих эксплуатационных расходов, полученные в разделе 3, приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты расчетов составляющих эксплуатационных расходов, доллары США.

Составляющая затрат	Базовый	Новый	$\Delta И$
Затраты на техническое обслуживание и ремонт	7 139 383	972 103	6 167 280
Затраты на неплановые ремонты	1 070 907	145 815	925 092
Затраты на электроэнергию на тягу поездов	7 560 000	6 804 000	756 000
Затраты на оплату труда локомотивных бригад	620 954	330 289	290 665
Затраты на содержание верхнего строения пути	268 000	268 000	0
Затраты на экипировочные материалы	0	0	0
ИТОГО	16 659 244	8 520 207	8 139 037
в расчете на 1 электровоз	462 756	774 564	739 912

Для выполнения дальнейших расчетов примем значения $\Delta K'_i$, $\mathcal{E}_K$, $\mathcal{E}_C$ и $\mathcal{E}_\mathcal{O}$ равными нулю.

Тогда экономия стоимости жизненного цикла составит: $\Delta LCC' = 7975549$ доллара США на 1 единицу нового электровоза.

Исходя из этого полезный эффект составит:

$$\begin{aligned} \mathcal{O}_H &= 2\,054\,955 \cdot (3,27 \cdot 1,042 - 1) + 7975549 = \\ &= 12\,922\,524 \text{ долларов США.} \end{aligned}$$

4.3. Расчет лимитной цены

Лимитная цена нового электровоза определяется на стадии проектирования в целях оценки экономической и социальной целесообразности разработки новой продукции с заданными технико-экономическими параметрами, ограничения роста затрат на ее производство и обеспечения относительного удешевления на единицу конечного полезного результата (эффекта).

Лимитная цена выражает предельно допустимый уровень цены новой техники, определяемый на основе стоимостной оценки улучшения ее потребительских свойств, при котором обеспечивается относительное удешевление выполняемой ею функции.

Лимитная цена определяется потребителем (заказчиком) на основе расчета прогнозной величины полезного эффекта и не может служить основанием для установления оптовых цен на продукцию предприятий, производящих новый подвижной состав и сложные технические системы для железнодорожного транспорта, которые рассчитываются по статьям затрат в соответствии с конкретными условиями производства. Лимитная цена определяет тот предельный уровень стоимости новой техники, при котором потребителю (железнодорожному транспорту) обеспечивается минимальный полезный эффект по сравнению с заменяемой техникой или аналогом.

Лимитная (предельная) цена $C_{\text{л}}$ определяется по формуле:

$$C_{\text{л}} = C_{\text{б}} \cdot K_{\text{м}} + \mathcal{E}_{\text{п}} \cdot K_{\text{з}}, \quad (4.4)$$

$K_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий моральный износ базовой техники, который принимается по экспертной оценке на уровне 0,8 — 0,9 для технических средств, находящихся в производстве более 20 лет;

$K_{\text{з}}$ – коэффициент учета полезного эффекта в цене нового (модернизированного) технического средства, который дифференцируется в

зависимости от новизны, значения и особенностей производства и применения новой (модернизированной) машины.

Коэффициент K_3 учитывает коммерческий интерес и потребителя, и производителя техники. Поэтому в каждом конкретном случае его величина может корректироваться по договоренности сторон. При отсутствии необходимых данных коэффициент K_3 , по сложившейся практике, может быть принят равным 0,7.

Исходя из полученных ранее данных, лимитная цена на новый электровоз составляет:

$$Ц_{л} = 2\,054\,955 \cdot 0,8 + 12\,922\,524 \cdot 0,7 = 10\,689\,730 \text{ долларов США.}$$

4.4. Расчет чистого дисконтированного дохода и срока окупаемости

Эффективность применения нового электровоза оценивается показателями, отражающими соотношение затрат и получаемых результатов от эксплуатации.

Основными показателями, характеризующими эффективность применения новой техники являются чистый дисконтированный доход (интегральный экономический эффект) и срок окупаемости затрат, связанных с приобретением новых локомотивов.

Чистый дисконтированный доход рассчитывается на основе сопоставления денежных потоков экономии эксплуатационных расходов и капитальных вложений на приобретение новых локомотивов по следующей формуле:

$$ЧДД = \sum_{i=1}^T \Delta M_i' \cdot \alpha_i - K \cdot \alpha_1, \quad (4.5)$$

где $K = 6\,400\,000$ долларов США – стоимость закупки 1 нового электровоза.

Годовой экономический эффект определяется как разность между суммой затрат соответствующего года и капитальных вложений с последующим приведением по фактору времени – дисконтированием. Накопленная сумма годовых эффектов, приведенных к ценности в начальном периоде представляет собой интегральный эффект.

Одновременно может быть рассчитан срок окупаемости затрат на приобретение новых локомотивов, представляющий собой временной интервал, за пределами которого все затраты окупаются результатами.

Для рассматриваемого электровоза в результате расчетов по вышеприведенным формулам получено графическое изображение изменения чистого дисконтированного дохода, приведенное на рисунке 4.1.

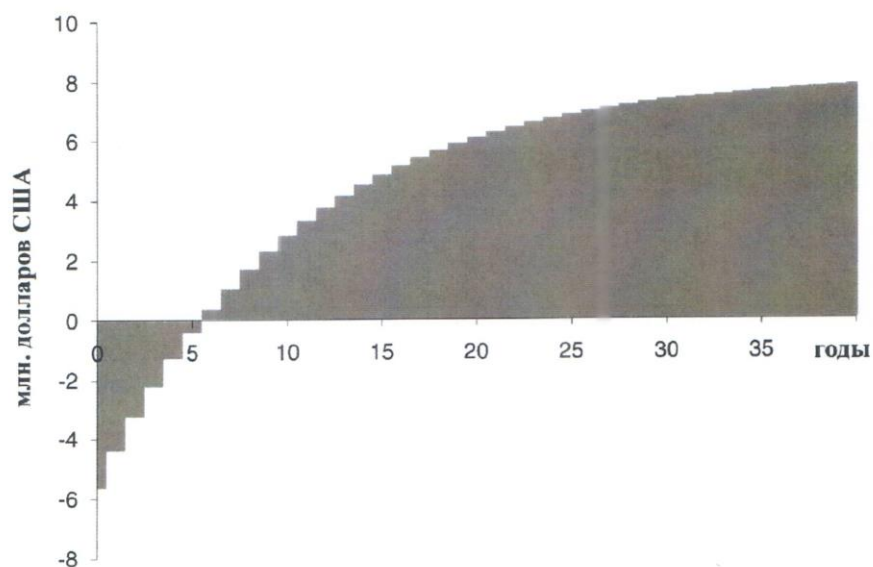


Рисунок 4.1 – Изменение чистого дисконтированного дохода.

Как видно из рисунка 4.1 срок окупаемости капитальных вложений в приобретение 1 нового электровоза составляет 6 лет. Источником покрытия инвестиционных затрат является экономия эксплуатационных расходов. Чистый дисконтированный доход составляет 7,82 млн. долларов США.

4.5. Расчет внутренней нормы доходности

Внутренняя норма доходности – это процентная ставка, при которой чистый дисконтированный доход равен 0. Чистый дисконтированный доход рассчитывается на основании потока платежей, дисконтированного к настоящему времени. Внутренняя норма доходности определяет максимально приемлемую ставку дисконта, при которой можно инвестировать средства без каких-либо потерь для собственника.

Расчет внутренней нормы доходности проекта предполагает решение системы уравнений, количество которых определяется этапами планирования (в данном случае годами, количество которых соответствует сроку службы нового электровоза). Поэтому определение этой величины возможно с использованием финансовых калькуляторов. В результате расчетов получено значение 12,83 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В технико-экономическом обосновании приведены расчеты количественных и качественных показателей использования локомотивов ВЛ11 и ZEL1501, на основании которых были оценены составляющие эксплуатационных затрат и определены экономические показатели эффективности использования электровозов ZEL1501.

Все расчеты проведены из условия постоянства объема перевозок на участке железной дороги.

В расчетах приняты следующие допущения:

1) Удельный расход электроэнергии нового электровоза в настоящее время неизвестен, но можно предположить, что за счет использования: асинхронного тягового электродвигателя вместо двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением; плавного регулирования в процессе пуска вместо контактно-реостатного; моторно-осевых подшипников качения вместо подшипников скольжения его величина будет на 10 % меньше, чем для базового варианта.

2) Стоимость ремонта одного и того же объема для нового электровоза и базового равны. В действительности эта величина будет несколько меньше за счет использования более современного и ремонтпригодного оборудования, а так же средств диагностирования.

3) Доля затрат на неплановые ремонты электровоза составляет 15 % от величины общих затрат на плановые ремонты. В действительности эта величина для нового электровоза будет меньше за счет использования более надежного оборудования.

4) Значение нормативного коэффициента экономической эффективности взято в соответствии с конкурсной документацией, то есть $E_n = 0,1$.

В результате расчетов установлено, что применение электровозов ZEL1501 вместо электровозов ВЛ11 позволяет сократить потребный парк электровозов на 25 единиц при условии обеспечения существующих

размеров движения. При этом достигается годовая экономия эксплуатационных расходов по следующим составляющим затрат:

Составляющая затрат	ВЛ11	ZEL1501	Годовая экономия
Затраты на техническое обслуживание и ремонт	7,14 млн. \$	0,97 млн. \$	6,17 млн. \$
Затраты на неплановые ремонты	1,07 млн. \$	0,15 млн. \$	0,92 млн. \$
Затраты на электроэнергию на тягу поездов	7,56 млн. \$	6,80 млн. \$	0,76 млн. \$
Затраты на оплату труда локомотивных бригад	0,62 млн. \$	0,33 млн. \$	0,29 млн. \$
ИТОГО	16,66 млн. \$	8,52 млн. \$	8,14 млн. \$
в расчете на 1 электровоз			0,74 млн. \$

На основании этих расчетов, а так же учитывая стоимость базового электровоза в размере 2,05 млн. долларов США и стоимость нового электровоза в размере 6,4 млн. долларов США получены следующие экономические показатели в расчете на 1 электровоз:

- Экономия стоимости жизненного цикла: 7,98 млн. долларов США;
- Полезный эффект: 12,92 млн. долларов США;
- Лимитная цена электровоза: 10,69 млн. долларов США;
- Чистый дисконтированный доход: 7,82 млн. долларов США;
- Срок окупаемости: 6 лет;
- Внутренняя норма доходности: 12,83 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические рекомендации по обоснованию эффективности инноваций на железнодорожном транспорте. Утверждены Департаментом технической политики МПС РФ № ЦТех О-11 26.04.1999 г.
2. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте. М. 1998. Утверждены указанием МПС РФ № В-1024у от 31.08.1998 г.
3. Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» № 2459р от 27.12.2007 г.
4. Регламент определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта. Введен распоряжением Президента ОАО «РЖД» В. И. Якунина № 509р от 17.03.2008 г.
5. Методические указания по определению технико-экономической эффективности новых и усовершенствованных электровозов. М.: «Транспорт», 1986 г.
6. Правила тяговых расчетов для поездной работы. М.: «Транспорт», 1985 г.