

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ЭЛЕКТРОВОЗОСТРОИТЕЛЬ»**

**Технико-экономическое обоснование замены инвентарного парка
локомотивов на участке Грузинской железной дороги на грузовые
электровозы постоянного тока 8Е1А**

Тбилиси, 2017г

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1. Исходные данные для расчета	5
Глава 2. Эксплуатационные условия и характеристика участка	8
Глава 3. Расчет инвентарного парка локомотивов для участка Батуми - Гардабани ...	13
Глава 4. Расчет стоимости жизненного цикла.....	15
4.1. Методика расчета стоимости жизненного цикла электровоза 8E1A.....	15
4.2. Расчет годовых эксплуатационных расходов парка локомотивов Грузинской железной дороги и электровоза 8E1A	18
4.3. Расчет сопутствующих единовременных затрат, связанных с внедрением электровозов 8E1A в эксплуатацию.	26
4.4. Коэффициент дисконтирования.	26
4.5. Цена приобретения.	27
4.6. Стоимость жизненного цикла СЖЦ (LCC).....	27
Глава 5. Методика расчета полезного экономического эффекта и лимитной(предельно допустимой) цены электровоза 8E1A.....	29
5.1. Методика определения и расчет полезного эффекта.	29
5.2. Расчет лимитной (предельно допустимая) цена.	33
5.3. Расчет чистого дисконтированного дохода (NPV).....	34
5.4. Расчет срока окупаемости	35
5.5. Расчет внутренней нормы доходности.	36
Глава 6. Заключение.	40

Введение

Целью данной работы является технико-экономическое обоснование замены существующего локомотивного парка Грузинской железной дороги на грузовые электровозы постоянного тока 8Е1А.

При расчете технико-экономического обоснования были использованы:

Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта (основные положения), утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 27 декабря 2007 года, №2459р.

Электровоз магистральный постоянного тока грузовой для Грузии. Технические требования Грузинской железной дороги.

Техническое задание магистрального грузового электровоза постоянного тока, Грузинской железной дороги.

Исходные параметры для расчета технико-экономического обоснования. Приложение №2 составленной АО «Грузинская железная дорога».

Спрямоленный профиль с учетом кривых. Приложение №2а а Грузинской железной дороги.

дополнительные параметры для расчёта технико-экономического обоснования, Приложения №№3, 4, 5 Грузинской железной дороги.

Тяговые расчеты на участке Батуми – Гардабани Грузинской железной дороги.

Правила тяговых расчетов для поездной работы. Москва, «Транспорт» 1985, утвержденного министром путей сообщения 15 августа 1980 года.

Глава 1. Исходные данные для расчета

Расчет Техничко-экономического обоснования замены инвентарного парка локомотивов Грузинской железной дороги ВЛ10, ВЛ11 на грузовые электровозы постоянного тока 8Е1А с асинхронным тяговым приводом произведен методом сопоставления стоимости жизненного цикла нового электровоза 8Е1А и расходов по эксплуатации и содержанию в исправном состоянии электровозов ВЛ10, ВЛ11 существующего локомотивного парка.

В целях сопоставимости результатов расчетов, технико-экономические и эксплуатационные показатели электровозов ВЛ10, ВЛ11 и 8Е1А были рассчитаны для следующих одинаковых условий использования, предоставленной АО «Грузинская железная дорога».

Для расчета определен участок между станциями Батуми и Гардабани. Длина участка в нечетном направлении Батуми-Гардабани – 385 км и в четном направлении Гардабани-Батуми – 385 км, длина лимитирующего участка в нечетном направлении Харагаули-Хашури 41 км и в четном направлении Хашури-Харагаули 41 км..

Объем перевозок в год на участке по направлениям, млн.т:

Батуми- Гардабани - 6,177;

Гардабани-Батуми - 7,823;

Суммарный объем – 14,0.

Средняя масса поезда брутто по направлениям, т:

Батуми-Гардабани 2129 (весовая норма 3000 т);

Гардабани-Батуми 2696 (весовая норма 3500 т).

Среднее время оборота локомотива 28,42 час.

Батуми-Гардабани – 14,21 час;

Гардабани-Батуми – 14,21 час.

Среднее время простоя локомотива за оборот Гардабани-Батуми 7,2 часа,

Батуми -3,6 час,

Гардабани – 3,6 час.

Среднее время простоя локомотива за оборот Хашури-Харагаули 1,88 ч.

Участковая и техническая скорость электровозов для четного и нечетного направления, км/ч:

Участковая – 36,28;

Техническая – 40,31.

Стоимость бригады часа локомотивной бригады с учетом ЕСН 5,57 долларов США.

Число локомотивных бригад, обслуживающих 1 электровоз с учетом больничных и отпусков – 4,13.

Годовой фонд рабочего времени 1-ой бригады – 2055 час.

Среднее время нахождения локомотивной бригады на 1 электровоз – 5,63 час.

Технические параметры сравниваемых электровозов приведены в таблице 1 и приняты:

- по электровозам ВЛ10, ВЛ11 – в соответствии с техническим заданием АО «Грузинская железная дорога»;
- по электровозу 8Е1А – в соответствии с техническим заданием «Электровоз грузовой постоянного тока 8Е1А с асинхронными тяговыми электродвигателями ТА 3063ТТ».

Таблица 1

Технические параметры.

Наименование параметров	Значения параметров	
	ВЛ10, ВЛ11	8Е1А
1	2	3
Осевая формула	2(2 ₀ -2 ₀)	2(2 ₀ -2 ₀)
Масса с 2/3 запаса песка, т	184	200
Нагрузка на ось, кН (тс)	225 (23)	245 (25)
Мощность на валах тяговых двигателей, кВт: - часового режима; - продолжительного режима	5360 4600	8800 8400
Номинальное напряжение (род тока постоянный), кВ	3,0	3,0
Скорость, км/ч: - конструкционная; - часового режима; - продолжительного режима	100 48,7 51,2-100	120 - 47,5-120
Передаточное отношение зубчатой передачи	88/23 (3,826)	107/17 (6,29)
Высота оси автосцепки от головки рельса при новых бандажах/колесах, мм	980-1080	980-1080
Диаметр колеса по кругу катания при новых бандажах/колесах, мм	1250	1250
Наименьший радиус проходимых кривых при скорости 10 км/ч, м	125	125
Длина электровоза по осям автосцепки, мм	32840	32840
Мощность электрического рекуперативного тормоза на валах тяговых двигателей, кВт, не менее	4300	8400
Мощность электрического реостатного тормоза, кВт, не менее	-	5600
Срок службы, годы	33	40
Наличие системы смазки	есть	

Данные по периодичности выполнения технических обслуживаний и ремонтам представлены в Таб. 2.

Таблица 2

Периодичность выполнения технических обслуживаний и ремонтов.

Вид ремонта	Период между ТО и ремонтами	
	ВЛ10, ВЛ11	8Е1А
1	2	3
Капитальный ремонт (КР-2)	12 лет/2 100 000 км	16 лет/2 400 000 км
Капитальный ремонт (КР-1)	6 лет/700 000 км	8 лет/1 200 000 км
Текущий ремонт (ТР3)	3 года/ 350 000 км	4 лет/ 600 000 км
Текущий ремонт (ТР2)	1,5 года/175 000 км	32 месяцев/400 000 км
Текущий ремонт (ТР1)	2 месяца/ 25 000 км	16 месяцев/200 000 км
Техническое обслуживание (ТО3)	1 месяц/ 12 500 км	8 месяцев/100 000 км
Техническое обслуживание (ТО2)	Не более 48 часов	0,8 месяцев/10 000 км

Глава 2. Эксплуатационные условия и характеристика участка

Определение необходимой силы тяги F_K на расчетном подъеме при движении поезда с равномерной (установившейся) скоростью $V=47,5$ км/ч на звеньевом пути. Поезд состоит из четырехосных вагонов на подшипниках скольжения, масса приходящий на ось колесной пары $q_0=23,5$ т, расчетная сила тяги электровоза $F_{KP}=60,3$ тс.

Четное направление.

1. Расчетный уклон $i_p = 9,3\text{‰}$;
2. Масса состава $Q=3500$ т и $Q=2696$ т;
3. Масса электровоза $P=200$ т;
4. Основное удельное сопротивление движению грузовых вагонов:

$$w''_0 = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot v + 0,0025 \cdot v^2}{q_0} = 1,48 \text{ кгс/тс}$$

5. Основное удельное сопротивление движению электровозу:

$$w'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot v + 0,0003 \cdot v^2 = 3,05 \text{ кгс/тс}$$

$$F_K = Q \cdot (w''_0 + i_p) + P \cdot (w'_0 + i_p) = 40,2 \text{ тс при } Q=3500 \text{ т,}$$

$$F_K = 31,5 \text{ тс при } Q=2696 \text{ тс.}$$

Нечетное направление.

1. Расчетный уклон $i_p = 29\text{‰}$;
2. Масса состава $Q=3000$ т и $Q=2129$ т;

$$F_K = 97,8 \text{ тс при } Q=3000 \text{ т,}$$

$$F_K = 71,2 \text{ тс при } Q=2126 \text{ т.}$$

Определение необходимой силы рекуперативного торможения B , на расчетном спуске при движении поезда с равномерной (установившейся) скоростью $v=47,5$ км/ч.

Четное направление.

1. Расчетный уклон $i_p = 29\text{‰}$;
2. Масса состава $Q=3500$ т и $Q=2696$ т;

$$B = Q \cdot (i_p - w''_0) + P \cdot (i_p - w'_0) = 101,5 \text{ тс при } Q=3500 \text{ т,}$$

$$B = 79,4 \text{ тс при } Q=2696 \text{ т.}$$

Нечетное направление.

1. Расчетный уклон $i_p = 9,3\text{‰}$;
2. Вес состава $Q=3000$ т и $Q=2129$ т;

$$B = 24,7 \text{ тс при } Q=3000 \text{ т,}$$

$$B = 17,9 \text{ тс при } Q=2126 \text{ т.}$$

Решение тормозной задачи

Определить тормозной путь грузового поезда с массой состава $Q=2696$ т, сформированного из четырехосных вагонов $q=94$ т, с электровозом $P=200$ т на спуске 29‰ начальной скорости $v_H = 50$ км/ч до полной остановки. Вагоны оборудованы чугунными стандартными колодками и скользящими подшипниками качения.

Решение

1. Число осей в составе $n = \frac{2696}{23,5} = 115$, где нагрузка на ось $q_0=94/4=23,5$ т;
2. Полное нажатие тормозных колодок в составе, тс:

$$\sum K_p = n \cdot K_p = 7 \cdot 115 = 805.$$

Где, $K_p = 7$ тс, расчетная сила нажатия тормозных колодок на ось четырехосного грузового вагона.

3. Расчетная тормозная сила поезда, тс:

$$B_T = (Q \cdot \varphi_{kp} \cdot \sum K_p) / 1000 = 2696 \cdot 0,116 \cdot \frac{805}{1000} = 252;$$

Где, $\varphi_{kp} = 0,116$ - расчетный коэффициент трения для тормозных колодок при скорости $v_H = 50$ км/ч.

4. Расчетный тормозной коэффициент:

$$\nu_p = \frac{\sum K_p}{Q} = \frac{805}{2696} = 0,298$$

5. Время подготовки тормозов к действию определяется по формуле, с:

$$t_{\pi} = 7 - \frac{10 \cdot i_p}{1000 \cdot \varphi_{kp} \cdot v_p} = 7 + \frac{10 \cdot 29}{1000 \cdot 0,116 \cdot 0,298} = 15,38$$

6. Пред тормозной путь определяется по формуле, м:

$$S_{\pi} = (v_H + \Delta v) \cdot t_{\pi} / 3,6 = (50 + 5) \cdot \frac{15,38}{3,6} = 235$$

Так как тормозной путь определяется на спуске свыше 20‰, скорость $v_H = 50$ км/ч в начале торможения увеличивается $\Delta v = 5$ км/ч для учета приращения скорости за время подготовки тормозов к действию.

7. Для определения действительного тормозного пути предварительно находим на звеновом пути значения основных удельных сопротивлений при холостом ходе электровоза w_X , состава (вагонов) w''_0 и поезда w_{0X} при холостом ходе электровоза по следующим формулам:

$$w_X = 2,4 + 0,011 \cdot v + 0,00035 \cdot v^2, \text{ кгс/тс}$$

$$w''_0 = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot v + 0,0025 \cdot v^2}{q_0}, \text{ кгс/тс}$$

$$w_{0X} = \frac{w_X \cdot P + w''_0 \cdot Q}{P + Q} \text{ кгс/тс}$$

Для каждого интервала снижения скорости до остановки, через $\Delta v_i = 5$ км/ч.

Удельная тормозная сила, кгс/тс равняется

$$b_T + w_{0X} - i_p$$

$$b_T = 1000 \cdot \varphi_{kp} \cdot v_p$$

8. Действительный тормозной путь в интервале снижения скоростей: 47,5; 42,5; 37,5; 32,5; 27,5; 22,5; 17,5; 12,5; 7,5; 2,5 определяется по формуле:

$$S'_{\text{д}} = \sum \frac{500 \cdot (v_H^2 - v_K^2)}{\zeta \cdot (b_T + w_{0X} - i_p)}, \text{ м}$$

Где, $\zeta = 120 \frac{\text{км/ч}^2}{\text{кгс/тс}}$ - замедление поезда.

Результаты расчета занесены в таблице №3

Таблица 3

Расчет тормозного пути поезда с массой 2,696 тонн

v_{cp} км/ч	w_x кгс/тс	w''_0 кгс/тс	w_{0x} кгс/тс	φ_{kp}	b_T кгс/тс	$b_T + w_{0x}$ кгс/тс	$b_T + w_{0x} - i_p$ кгс/тс	S'_d м
47,5	3.71	1,48	1,63	0,119	35,4	37.09	8.09	244.6
42,5	3.49	1,41	1,55	0,124	36,9	38.51	9,51	186.2
37,5	3.30	1,34	1,48	0,130	38,74	40.22	11.22	139.2
32,5	3.12	1,29	1,41	0,137	40,82	42.24	13.24	102.2
27,5	2.96	1,23	1,35	0,145	43,21	44.56	15.56	73.6
22,5	2.82	1,19	1,30	0,156	46,48	47.79	18.79	49.8
17,5	2.69	1,14	1,25	0,170	50,66	51.91	22.91	31.8
12,5	2.59	1,11	1,21	0,188	56,02	57.23	28.23	18.4
7,5	2.50	1,08	1,17	0,210	62, 58	63.75	34.75	8.9
2,5	2.42	1,05	1,14	0,249	74,20	75.34	46.34	2.2

9. Полный действительный тормозной путь определяется суммированием всех S'_d полученных расчетом в интервалах снижения скорости $S_d=857$ м.

10. Полный тормозной путь $S_T = S_{\Pi} + S_d = 235 + 791 = 1092$ м.

Решение тормозной задачи для грузового поезда с весом состава $Q=3500$ т.

1. Число осей в составе $n = \frac{3500}{23,5} = 149$

2. Полное нажатие тормозных колодок в составе, тс

$$\sum K_p = n \cdot K_p = 149 \cdot 7 = 1043 ;$$

3. Расчетная тормозная сила поезда, тс

$$B_T = (Q \cdot \varphi_{kp} \cdot \sum K_p) / 1000 = 3500 \cdot 0,116 \cdot \frac{1043}{1000} = 423;$$

4. Расчетный тормозной коэффициент:

$$\nu_p = \frac{\sum K_p}{Q} = \frac{1043}{3500} = 0,298$$

5. Время подготовки тормозов к действию, с

$$t_{\Pi} = 7 - \frac{10 \cdot i_p}{1000 \cdot \varphi_{kp} \cdot \nu_p} = 7 + \frac{10 \cdot 29}{1000 \cdot 0,116 \cdot 0,298} = 15,38$$

6. Пред тормозной путь, м

$$S_{\Pi} = (\nu_H + \Delta \nu) \cdot t_{\Pi} / 3,6 = (50 + 5) \cdot \frac{15,38}{3,6} = 235$$

7. Основное удельное сопротивление при холостом ходе электровоза w_x ; состава (вагонов) w''_0 и поезда w_{0x} при холостом ходе электровоза определяется вышеприведенными формулами:

8. Действительный тормозной путь в интервале снижения скоростей 47,5; 42,5; 37,5; 32,5; 27,5; 22,5; 17,5; 12,5; 7,5; 2,5 определяется по вышеприведенной формуле.

Результаты расчета занесены в таблице №4

Таблица 4

Расчет тормозного пути поезда с массой 3,500 тонн

v_{cp} км/ч	w_x кгс/тс	w''_0 кгс/тс	w_{0x} кгс/тс	$\varphi_{кр}$	b_T кгс/тс	$b_T + w_{0x}$ кгс/тс	$b_T + w_{0x} - i_p$ кгс/тс	S'_d м
47,5	3,7	1,48	1,60	0,119	35,4	37,06	8,06	245,3
42,5	3,5	1,41	1,52	0,124	36,9	38,47	9,47	208,8
37,5	3,3	1,34	1,45	0,130	38,74	40,19	11,19	176,7
32,5	3,2	1,29	1,39	0,137	40,82	42,21	13,21	149,7
27,5	2,9	1,23	1,33	0,145	43,21	44,54	15,54	127,3
22,5	2,8	1,19	1,27	0,156	46,48	47,76	18,76	105,4
17,5	2,7	1,14	1,23	0,170	50,66	51,89	22,89	86,4
12,5	2,6	1,11	1,19	0,188	56,02	57,21	28,21	70,1
7,5	2,6	1,08	1,15	0,210	62,58	63,73	34,73	56,9
2,5	2,6	1,05	1,12	0,249	74,20	75,32	46,32	42,7

9. Полный действительный тормозной путь $S_d=1270$ м;

10. Полный тормозной путь $S_T=1505$ м.

При существующих средних массах поездов 2696 тонн в четном и 2129 тонн в нечетном направлениях при весовых нормах 3500 тонн в четном и 3000 тонн в нечетном направлениях возможно вождение данных поездов одним электровозом 8Е1А в двухсекционном исполнении в четном направлении. Но, применительно к нечетному направлению необходимо использовать один электровоз в качестве подталкивающего локомотива.

В таблице 5 представлена сводная информация по составности тяговых единиц в зависимости от массы поезда между станциями Хашури и Харагаули.

Таблица 5

Требуемые тяговые единицы.

Наименование параметра	Направление	Значение	Электровоз	
			ВЛ10, ВЛ11	8Е1А
Длина участка, км	-	385		
Длина лимитирующего участка (Хашури – Харагаули) км		41		
Уклон лимитирующего участка (Хашури – Харагаули) , ‰	нечётное	29		
Среднестатистическая масса поезда, т	чётное	2696	1	1
	нечётное	2129	1	1
Весовая норма поезда, т	чётное	3500	1	1
	нечётное	3000	1	1
Среднестатистическая масса поезда на лимитирующем участке, т	чётное	2696	1+1	1
	нечётное	2129	1+2	1+1
Весовая норма поезда на лимитирующем участке, т	Чётное	3500	1+1	1
	нечётное	3000	1+2	1+1

Глава 3. Расчет инвентарного парка локомотивов для участка Батуми - Гардабани

В расчете инвентарного парка локомотивов включены электровозы, которые необходимы для перевозки планового объема груза и дополнительные локомотивы для поддержания требуемого количества электровозов в эксплуатации с учетом простоя на плановых и неплановых видах ремонтов, пересылок, ожидания работы и т.д.

Инвентарный парк $M_{И}$ локомотивов 8Е1А рассчитывается суммированием количества потребного парка поездных локомотивов на участке между станциями Батуми и Гардабани $M_{ипоез}$, и потребного парка подталкивающих локомотивов на участке между станциями Хашури и Харагаули $M_{иподт}$, ед. по формуле

$$M_{И} = M_{ипоез} + M_{иподт}.$$

Количество потребного парка поездных локомотивов на участке между станциями Батуми и Гардабани $M_{ипоез}$, определяется по формуле, ед.

$$M_{ипоез} = \frac{K_T \cdot K_{\lambda}}{(1 - \alpha_{\lambda}) \cdot 24} \cdot \left(\frac{2 \cdot L_p}{V_{yc}} + t_{\lambda} \right) n_{\text{чет}} = 22,56.$$

Где, $K_T = 1$, коэффициент учитывающий кратность тяги;

$K_{\lambda} = 1,15$ – коэффициент, учитывающий неравномерность движения;

$L_p = 385$ км – длина расчетного участка;

$t_{\lambda} = 7,2$ – среднее время простоя локомотива за оборот Гардабани-Батуми;

$\alpha_n=0,04$ – доля неисправных локомотивов, зависящая от величины межремонтных пробегов, времени простоя локомотива на плановых и на неплановых ремонтах;

$V_{уч}=36,28$ км/ч – участковая скорость между станциями Батуми и Гардабани;

Количество поездов на расчетном участке в четном и нечетном направлениях, ед.

$$n = \frac{\Gamma \cdot 10^6}{365 \cdot Q_{cp} \gamma} = 15,9,$$

Где, $\Gamma = 14,0$ – объем перевозок в год в четном и нечетном направлениях, млн.т;

$Q_{cp} = 2412,5$ – средняя масса поезда брутто в четном и нечетном направлениях, т;

$\gamma = 1$, соотношение массы поезда нетто к массе брутто.

Количество потребного парка подталкивающих локомотивов на участке между станциями Хашури и Харагаули в четном и нечетном направлениях, определяется по формулам, ед.

$$M_{\text{иподт}} = M_{\text{иподт1}} - M_{\text{ибезподт}} = 1,65$$

Где, $M_{\text{ибезподт}}, M_{\text{иподт1}}$ – потребный парк электровозов на участке между станциями Хашури и Харагаули за сутки с без подталкивающими и с подталкивающими электровозами соответственно;

$$M_{\text{ибезподт}} = \frac{K_T \cdot K_L}{(1 - \alpha_n) \cdot 24} \cdot \left(\frac{2 \cdot L_p}{V_{уч}} + t_{л} \right) n = 3,28,$$

$$M_{\text{иподт1}} = \frac{K_{Tподт} \cdot K_L}{(1 - \alpha_n) \cdot 24} \cdot \left(\frac{2 \cdot L_p}{V_{уч}} + t_{л} \right) n = 4,93.$$

$K_T=1, K_{Tподт}=1,5$ – коэффициенты учитывающие кратность тяги (по таблице №5);

$L_p = L_{pчет} = L_{pнечет} = 41$ км – длина расчетного участка четного и нечетного направления соответственно между станциями Хашури и Харагаули;

$t_{лп} = 1,88$ – среднее время простоя локомотива за оборот Хашури-Харагаули;

$n = 15,9$ – Количество поездов на расчетном участке в четном и нечетном направлениях, ед.

Участковая скорость между станциями Хашури и Харагаули, км/ч

$$v_{учп} = \frac{2 \cdot L_p}{t_{об} - t_{лп}} = 36,28,$$

где, $t_{об}=4,14$ ч – среднее время оборота локомотива между станциями Хашури и Харагаули.

Инвентарный парк локомотивов, ед. $M_{II} = 22,56 + 1,65 \approx 24$.

Итоговые показатели расчета локомотивного парка для выполнения плана перевозки между станциями Батуми и Гардабани при существующих среднесетевых массах поездов представлены в таблице 6.

Таблица 6

Потребный парк локомотивов

Наименование показателей	Парк локомотивов серии ВЛ10, ВЛ11	Парк локомотивов серии 8Е1А
1	2	3
Потребный парк поездных локомотивов на участке Батуми-Гардабани-Батуми, за исключением участка Хашури-Харагаули, ед.		22,56
Потребный парк поездных локомотивов с учетом подталкивания на участке Хашури-Харагаули, ед.		1,65
Инвентарный парк локомотивов, ед.	36	24

Глава 4. Расчет стоимости жизненного цикла

Расчет стоимости жизненного цикла (СЖЦ) электровоза 8Е1А выполнен по «Методике определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта (основные положения)». В соответствии с данными Грузинской железной дороги: «технических требований магистрального грузового электровоза постоянного тока для Грузии»; «Технического задания магистрального грузового электровоза постоянного тока»; таблице «Исходные параметры для расчета технико-экономического обоснования (приложение 2)»; Спрямленный профиль с учетом кривых. Приложение №2 а; дополнительные параметры для расчёта технико-экономического обоснования, Приложения №№3, 4, 5 и техническому заданию ТА3063ТТ «Электровоз грузовой постоянного тока 8Е1А с асинхронными тяговыми электродвигателями».

4.1. Методика расчета стоимости жизненного цикла электровоза 8Е1А

СЖЦ электровоза 8Е1А включает в себя затраты единовременного (инвестиции) и текущего характера (эксплуатационные расходы) за срок службы (срок полезного использования).

Технические средства имеют шесть стадий жизненного цикла:

1. выработка концепций и определений;
2. опытно-конструкторские работы;
3. изготовление электровоза;
4. внедрение электровоза в эксплуатацию с проведением сопутствующих мероприятий по обучению персонала, дооснащению ремонтной базы;
5. эксплуатация и техническое обслуживание;
6. изъятие (ликвидация, утилизация).

Затраты первых трех стадий опосредованно выражены в первоначальной стоимости электровоза – цене приобретения.

Общая СЖЦ (всех его шести стадий) изделия разделяется на две основные части:

- затраты, связанные с приобретением (I-IV стадии);
- затраты, связанные с владением и утилизацией (V-VI стадии).

Оценка СЖЦ электровоза производится на этапе приобретения - сравнение с аналогом.

СЖЦ (LCC - LifeCycleCost) - электровоза определяется по формуле:

$$\text{СЖЦ}(LCC) = C_{\text{пр}} + \sum_{t=1}^T (I_t + \Delta K_t - L_t) \cdot \alpha_t \quad (1)$$

где,

$C_{\text{пр}}$ - цена приобретения электровоза (первоначальная стоимость), тыс.долларов США;

I_t - годовые эксплуатационные расходы, тыс.долларов США;

ΔK_t - сопутствующие единовременные затраты, связанные с внедрением электровоза в эксплуатацию, тыс.долларов США;

L_t - ликвидационная стоимость объекта, тыс.долларов США;

α_t - коэффициент дисконтирования;

t - текущий год эксплуатации;

T - конечный год эксплуатации, который устанавливается в соответствии с техническими требованиями.

СЖЦ электровоза определяется суммированием индивидуального оттока денежных средств (расходов) на каждом временном этапе (шаге расчета) срока службы электровоза.

В составе СЖЦ учитываются зависящие от типа электровоза единовременные и текущие (эксплуатационные) расходы.

В состав СЖЦ включены оплачиваемые обязанности поставщика по предоставлению заказчику технической документации на новый электровоз 8E1A, специализированного

инструмента и технологического оборудования. В эти обязанности включается и обучение локомотивных или поездных бригад, а также ремонтного персонала.

Годовые эксплуатационные расходы - текущие затраты на эксплуатацию электровоза состоят из затрат:

- на энергоресурсы и расходные материалы;
- на содержание локомотивных бригад;
- на содержание верхнего строения пути;
- на техническое обслуживание, текущие, капитальные и неплановые ремонты.

Затраты на электроэнергию являются основной составляющей годовых эксплуатационных расходов для электровоза. Эти издержки включают в себя плату за использование энергоресурсов в поездной работе, а также для вентиляции локомотивного оборудования. К расходам на эксплуатацию относятся также затраты на экипировочные материалы (смазку, воду, песок, используемый для повышения сцепления колес с рельсами). Стоимость воды и песка включены в стоимость ТО-2 и затраты на их подготовку к использованию.

Сопутствующие затраты входят в состав единовременных затрат.

К сопутствующим единовременным затратам относятся затраты:

- на обучение ремонтного и обслуживающего персонала;
- на оборудование депо ремонтной базы, в том числе затраты на приобретение дополнительных испытательных и ремонтных комплексов, диагностической и поверочной аппаратуры, специального инструмента;
- на предоставление Заказчику технической документации на электровоз 8Е1А.

Ликвидационная стоимость с учетом дисконтирования, как правило, является величиной достаточно малой и при определении СЖЦ не учитывается.

Расчет СЖЦ осуществляется с учетом фактора времени (дисконтирования).

Дисконтирование осуществляется посредством введения в расчеты коэффициента дисконтирования α_t .

Коэффициент дисконтирования для постоянной нормы дисконта определяется из выражения:

$$\alpha_t = (1 + E)^{-t} = \frac{1}{(1+E)^t} \quad (2)$$

где t - шаг расчетного периода ($t = 0, 1, 2, \dots, T$);

T - горизонт расчета (продолжительность жизненного цикла);

Е - норма дисконта (ставка дисконтирования).

4.2. Расчет годовых эксплуатационных расходов парка локомотивов Грузинской железной дороги и электровоза 8Е1А

Расход электроэнергии на участке Гардабани-Батуми с учетом потерь в контактной сети и тяговых подстанциях,

$$A_{\text{общ}} = (A_T + A_{\text{разг}} + A_{\text{ст}} - A_{\text{рек}}) \cdot [1/(\eta_{\text{мн}} \cdot \eta_{\text{мс}})] = 49142455 \text{ кВт.ч}$$

$A_T = A_{\text{чет}} + A_{\text{нечет}} = 63976200 \text{ кВт.ч}$ - сумма расхода электроэнергии на тягу в четном и нечетном направлениях;

$$A_{\text{чет}} = 365 \cdot n_{\text{чет}} \cdot [A'_{\text{NSчет}} + Z \cdot N_{\text{снчет}} \cdot (L_{\text{рчет}}/V_{\text{уч}})] = 31886540 \text{ кВт.ч},$$

$$A_{\text{нечет}} = 365 \cdot n_{\text{нечет}} \cdot [A'_{\text{NSнечет}} + Z \cdot N_{\text{сннечет}} \cdot (L_{\text{рнечет}}/V_{\text{уч}})] = 32089660 \text{ кВт.ч}.$$

$n_{\text{чет}}, n_{\text{нечет}} = 7,95$ - число поездов в четном и нечетном направлениях соответственно.

$$n_{\text{чет}} = n_{\text{нечет}} = 7,95$$

$L_{\text{рчет}} = L_{\text{рнечет}} = 385 \text{ км}$ - длина расчетного участка четного и нечетного направления соответственно.

$A'_{\text{NSчет}} = 9450 \text{ кВт.ч}$, $A'_{\text{NSнечет}} = 9520 \text{ кВт.ч}$ - расходы электроэнергии на тягу поезда без учета потерь в контактной сети и тяговых подстанциях, в четном и нечетном направлениях соответственно.

Z - коэффициент влияния изменения напряжения в контактной сети.

$Z = 1$ - в режиме тяги;

$Z = 1,05$ - в режиме рекуперации.

$N_{\text{снчет}}, N_{\text{сннечет}} = 145 \text{ кВт}$ - мощность потребляемая электровозом на собственные нужды, в четном и нечетном направлениях соответственно.

$V_{\text{уч}} = 36,28 \text{ км/ч}$ - участковая скорость.

Так как система управления электровоза с асинхронным приводом, при всех возможных режимах работы обеспечивает минимальные потери мощности, дополнительный расход электроэнергии на разгон поездов $A_{\text{разг}}$ не появляется. Поэтому расход энергии при разгоне поезда учитывается в расходе электроэнергии на тягу поездов.

Расход электроэнергии при простое поездов на технических станциях на четном и нечетном направлениях.

$$A_{\text{ст}} = 365 \cdot n \cdot t_{\text{л}} \cdot N_{\text{ст}};$$

$$A_{\text{ст}} = 365 \cdot 15,9 \cdot 7,2 \cdot 145 = 6\,058\,854 \text{ кВт.ч},$$

Где, $n = 15,9$ - количество поездов на расчетном участке в четном и нечетном направлениях.

Среднее время простоя локомотива за оборот, ч

$$t_{\text{л}} = t_{\text{об}} + t_{\text{уч}} \cdot K_{\text{уч}} \cdot \alpha_{\text{тр}} \cdot 2 = 1,2 + 0,6 \cdot 5 \cdot 1 \cdot 2 = 7,2 \text{ ч}$$

Где, $t_{\text{об}} = 1,2$ простой локомотива в пунктах оборота и перецепки Гардабани-Батуми;
 $t_{\text{уч}} = 0,6$ продолжительность простоя транзитных грузовых поездов на участковой станции на участке Гардабани-Батуми;

$K_{\text{уч}} = 5$ - количество участковых станции на участке Гардабани-Батуми;

$\alpha_{\text{тр}} = 1$ - удельный вес транзитного поездопотока, проходящего через участковые станции.

$N_{\text{сн}} = 145 \text{ кВт}$ - мощность потребляемая электровоза на собственные нужды.

$A_{\text{рекуп}} = A_{\text{рекчет}} + A_{\text{рекнечет}} = 7200 \text{ кВт.ч}$ - сумма экономии электроэнергии для пары поездов при рекуперации в четном и нечетном направлениях соответственно.

$$A_{\text{рекчет}} = (\sum A_{\text{pz1чет}} + \sum A_{\text{pz2чет}}) \cdot (1/\eta_{\text{ис}}) = 5285 \text{ кВт.ч};$$

$$A_{\text{рекнечет}} = (\sum A_{\text{pz1нечет}} + \sum A_{\text{pz2нечет}}) \cdot (1/\eta_{\text{ис}}) = 1915 \text{ кВт.ч}$$

Где,

$A_{\text{pz1чет}} = 5030$; $A_{\text{pz1нечет}} = 1760$ экономия электроэнергии при рекуперации на вредных уклонах в четном и нечетном направлениях соответственно для 1-го поезда.

$A_{\text{pz2чет}} = 255$; $A_{\text{pz2нечет}} = 155$ экономия электроэнергии при рекуперации на остановках в четном и нечетном направлениях соответственно.

$\eta_{\text{ис}} = 0,95$ - коэффициент полезного использования энергии рекуперации.

Экономия электроэнергии при рекуперации на остановках A_{pz2} определяется по следующей методике для 1-го поезда.

Перед включением рекуперативного тормоза в поезде было запасено $m \cdot (1 + \gamma) \cdot v_T^2 / 2$ кинетической энергии, кгс.м (здесь $m \cdot (1 + \gamma)$ - приведенная масса поезда, кгс. $\text{с}^2/\text{м}$). Часть этой энергии при рекуперативном торможении возвращается в контактную сеть, а часть используется для преодоления сил сопротивления движения основного - $w_T \cdot (P + Q)$ и дополнительного - $i_T \cdot (P + Q)$.

Следовательно, экономия электроэнергии при рекуперации на каждой остановке в четном и нечетном направлениях, кгс.м

$$A_{\text{pz2}} = \frac{m \cdot (1 + \gamma) \cdot (v_{\text{HT}}^2 - v_{\text{KT}}^2)}{2 \cdot 3,6^2} - (P + Q) \cdot (w_T + i_T) \cdot S_T,$$

где, $m = 1000 \cdot (P + Q) \cdot (1 + \gamma) / g$ – масса поезда кгс/(м/с²); $(P + Q)$ – вес поезда, тс; $(1 + \gamma) = 1,06$ – коэффициент инерции вращающихся частей; v_{HT}, v_{KT} – скорости начала и окончания рекуперативного торможения, км/ч; 3,6 – переводной коэффициент от км/ч в м/с; w_T – основное удельное сопротивление движению при торможении, кгс/тс; s_T – тормозной путь, м.

При равнозамедленном движении поезда с замедлением a_3 , м/с² проходимый путь,

$$s_T = \frac{v_{HT}^2 - v_{KT}^2}{2 \cdot a_3 \cdot 3,6^2}, \text{ м}$$

Замедление в м/с² определяется по формуле:

$$a_3 = \frac{B}{m}.$$

Где, B – тормозная сила при рекуперации в кгс, определяется по характеристике рекуперативного торможения электровоза 8Е1А, соответствующая скорости v_{HT} .

С учетом формул определений тормозного пути и приведенную массу поезда через вес, получим окончательную формулу расчета. Экономия электроэнергии при рекуперации на каждой остановке в четном и нечетном направлениях, кгс.м

$$A_{pe2} = \frac{(P + Q) \cdot (v_{HT}^2 - v_{KT}^2)}{2 \cdot 3,6^2} \cdot \left[\frac{1000 \cdot (1 + \gamma)}{9,81} - \frac{w_T + i_Y}{a_3} \right]$$

Для определения экономии электроэнергии в Вт.ч, A_{pe2} нужно умножить на переводной коэффициент $\frac{2,725}{1000}$.

Экономия электроэнергии при рекуперации за год в четном и нечетном направлениях определяется по формуле

$$A_{рек} = 365 \cdot n / 2 \cdot A_{pe2} = 20892600 \text{ кВт.ч}$$

$\eta_{ТП} = 0,95$ – КПД тяговых подстанций.

$\eta_{ТС} = 0,9$ – КПД тяговой сети.

Удельный расход электроэнергии на тягу пары поездов определяется по формуле:

$$a'_T = \frac{(A_T + A_{CT} - A_{рек})}{Q_{cp} \cdot 2 \cdot L_P \cdot \eta_{ТП} \cdot \eta_{ТС}} = 80,6 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{10^4 \text{ тс} \cdot \text{км}}$$

Расчет расхода электрической энергии для тяги поездов произведен на существующий локомотивный парк ВЛ10, ВЛ11 в составе 36-х единиц и электровоз 8Е1А в составе 24-х единиц.

Результаты расчета стоимости расхода энергии представлены в таблице 7.

Таблица 7

Результаты расчёта стоимости энергии.

Наименование показателей	Электровозы	
	ВЛ10, ВЛ11	8Е1А
1	2	3
Объем перевозок на участке в год, млн.т.	14,0	
Перераспределение объема перевозок по сериям локомотивов, %	100	100
Парк локомотивов, ед	36	24
Удельный расход электроэнергии в грузённом направлении на расчётном участке, кВт.ч/10 ⁴ ткмбр.	166,98	84,2
Общий расход электроэнергии в расчете на объем перевозок в год, тыскВтч	180000	49142455
Стоимость электроэнергии за кВт.ч, долларов США	0,042	
Стоимость электроэнергии в расчете на объем перевозок в год, тыс. долларов США.	7560	2065
Стоимость электроэнергии в расчете на один локомотив в год, тыс. долларов США.	210	86

Экономия годовых эксплуатационных расходов по электроэнергии по парку локомотивов составит 5495 тысяч долларов США за год.

Расчет расходов на техническое обслуживание и ремонт определяется исходя из пробегов электровозов между соответствующими видами ремонтов представленных в таблице 2. Количества ремонтов за срок службы, а также расходы на ТО и ремонты на год эксплуатации представлены в таблице 8. Результаты расчетов эксплуатационных расходов приведенных на год эксплуатации, на технические обслуживания и ремонты и на неплановые ремонты представлены в таблице 10.

Таблица 8

Количество ремонтов за срок службы электровозов ВЛ10, ВЛ11, 8Е1А и расходы на ТО и ремонты электровоза 8Е1А приведенные на год эксплуатации.

Вид ремонта	Количество ремонтов за срок службы, шт		Стоимость единицы ремонта, дол. США	Стоимость за один год на 24 электровоза, Долл. США
	ВЛ10, ВЛ11	8Е1А		
1	2	3	4	5
Капитальный ремонт (КР2)	2	2	650000	780000
Капитальный ремонт (КР1)	3	2	425000	510000
Текущий ремонт (ТР3)	5	5	52000	15600
Текущий ремонт (ТР2)	11	10	3040	18240
Текущий ремонт (ТР1)	177	10	1660	9960
Техническое обслуживание (ТО3)	198	30	910	16380
Техническое обслуживание (ТО2)	5 626	608	225	82080

Расчет экипировочных материалов выполнен в соответствии со среднесетевыми показателями Грузинской железной дороги. Расходы на экипировочные материалы, а также расходы на экипировку песка, замену тормозных колодок и накладок токоприемника входят в затраты на ТО-2. Расчет расхода на экипировочные материалы приведены в таблице 9.

Таблица 9

Расходы на экипировочные материалы		
Наименование показателей	Электровозы	
	ВЛ10, ВЛ11	8Е1А
<i>I</i>	2	3
Расходы на песок на парк локомотивов, тыс. долларов США/год	15, 282	3,564
Расходы на песок на один локомотив, тыс.долларов США/год	0,4245	0,1485
Расход на тормозных колодок на парк локомотивов, тыс.долларов США/год	36, 828	24,552
Расход на тормозных колодок на один локомотив, тыс.долларов США/год	1, 023	1, 023
Расходы на накладки полозов токоприемника на парк локомотивов, тыс.долларов США/год	18, 412	12,288
Расходы на накладки полозов токоприемника на один локомотив, тыс.долларов США/год	0,512	0,512
Суммарные расходы на экипировочные материалы на парк локомотивов, тыс. долларов США/год	70,522	40,404
Суммарные расходы на экипировочные материалы на один локомотив, тыс. долларов США/год	1,9595	1,6835

Экономия на экипировочные материалы на парк локомотивов составит – 30,118 тыс. долларов США/ год.

Таблица 10

Расходы на технические обслуживания, ремонты и неплановые ремонты электровозов ВЛ10(ВЛ11) и 8Е1А

Наименование показателей	Электровозы	
	ВЛ10, ВЛ11	8Е1А
<i>I</i>	2	3
Парк локомотивов , ед.	36	24
Расходы на ТО и ремонты парка локомотивов, тыс. долларов США/год	5400	1572
Расходы на ТО и ремонты одного локомотива, тыс.долларов США/год	150	57,3
Расходы на неплановые ремонты парка локомотивов, тыс. долларов США/год	57	17
Расходы на неплановый ремонт одного электровоза, тыс. долларов США/год	1,58	0,7
Расходы на технические обслуживания, ремонты и на неплановые ремонты парка локомотивов, тыс. долларов США/год	5457	1589
Расходы на технические обслуживания, ремонты и на неплановые ремонты одного электровоза, тыс. долларов США/год	151,58	58

Данные по расходам на ТО и ремонты по парку локомотивов ВЛ10, ВЛ11 приняты в соответствии Приложения №4 Грузинской железной дороги.

Затраты на ТО и ремонты по электровозам 8Е1А рассчитаны согласно техническому заданию.

Экономия годовых эксплуатационных расходов на годовой цикл ТО,Три на неплановые ремонты по парку локомотивов составит – 3868 тыс. долларов США.

Расходы на оплату труда локомотивных бригад определены по расходу на оплату труда локомотивных бригад на один электровоз в год и по числу электровозов в локомотивном парке.

Расчет оплаты труда локомотивных бригад выполнен по данным приложения №2 «Исходные параметры для расчета технико-экономического обоснования»:

- Стоимость бригадо-часа локомотивной бригады с учетом ЕСН 5,57 долларов США;
- Число локомотивных бригад, обслуживающих 1 электровоз с учетом больничных и отпусков 4,13;
- Годовой фонд рабочего времени 1-ой бригады 2055 часов;
- Среднее время нахождения локомотивной бригады на 1-м электровозе 5,63 час;

Исходя из вышеуказанных данных:

- Стоимость годового фонда рабочего времени 1-ой бригады равняется $2055 \cdot 5,57 = 11446$ долларов США;
- Расход на оплату труда локомотивных бригад обслуживающих 1 электровоз в год равняется $11446 \cdot 4,13 = 47272$ долларов США;
- Расход на оплату труда локомотивных бригад обслуживающих 36 электровозов серии ВЛ10, ВЛ11 в год равняется $47272 \cdot 36 = 1701792$ долларов США;
- Расход на оплату труда локомотивных бригад обслуживающих 24 электровозов 8Е1А в год равняется $47272 \cdot 24 = 1134528$ долларов США.

Итоговые значения расходов на оплату труда локомотивных бригад представлены в таблице 11.

Таблица 11

Расходы на оплату труда локомотивных бригад

Наименование показателей	Электровозы	
	ВЛ10, ВЛ11	8Е1А
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Парк локомотивов, ед.	36	24
Расходы на оплату труда локомотивных бригад на парк локомотивов, тыс. долларов США/год.	1701	1135
Расходы на оплату труда локомотивных бригад на один локомотив, тыс. долларов США/год.	47,27	47,27

Экономия годовых эксплуатационных расходов на оплату труда локомотивных бригад по парку составит – 566тыс. долларов США/ год.

Расчет общей стоимости смазочных материалов для узлов и деталей электровозов ВЛ10, ВЛ11 и 8Е1А определяется по соответствующей конструкторской документации и рыночным ценам на эти материалы. Годовые эксплуатационные расходы на покупку смазочных материалов приведены в таблице 12.

Таблица 12

Итоги расчета стоимости смазочных материалов для узлов и деталей электровоза

Наименование показателей	Электровозы	
	ВЛ10, ВЛ11	8Е1А
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Парк локомотивов, ед.	36	24
Расходы на закупку смазочных материалов на парк локомотивов, тыс. долларов США/год.	47,4	23,3
Расходы на закупку смазочных материалов на один локомотив, тыс. долларов США/год.	1,32	0,97

Стоимость замены и добавки масла входит в затраты на ТО2

Экономия годовых эксплуатационных расходов на закупку смазочных материалов по парку составит 24,1 тыс. долларов США /год.

Расходы на текущее содержание и амортизацию верхнего строения пути долларов США в год,

$$I_{\text{ткбр}} = (1 + W) \cdot e_{\text{тк}} \cdot (P + Q_{\text{ср}}) \cdot \sum NS_{\text{тр}},$$

где, $e_{\text{тк}}=0.0039$ долларов США – расходная ставка на 1 ткм брутто, учитывающая долю зависящих от размеров грузооборота расходов по текущему содержанию главных путей и отчисления на амортизацию верхнего строения пути. Включает расходы по текущему содержанию и ремонту рельсов, шпал и балласта. Представленной в приложении №3 Грузинской железной дороги;

$$Q_{\text{ср}} = \frac{2696+2129}{2} = 2412,5 \text{ т} - \text{средняя масса поезда для четных и нечетных направлений};$$

$W = 0,8$ - соотношение расходов в порожном и груженном направлениях;

$\sum NS_{\text{тр}}$ - общий годовой пробег электровозов во главе поезда, км,

$$\sum NS_{\text{тр}} = 365 \cdot \frac{24}{28,42} \cdot L_p \cdot M_{\text{и}},$$

$L_p = 385$ км – длина участка;

28,42 ч – среднее время оборота локомотива;

$M_{\text{и}} = 36$ и $M_{\text{и}} = 24$ – потребный парк поездных локомотивов для электровозов ВЛ10, ВЛ11 и 8Е1А соответственно.

Для электровозного парка ВЛ10, ВЛ11:

$$\sum NS_{\text{тр}} = 365 \cdot \frac{24}{28,42} \cdot 385 \cdot 36 = 4272118 \text{ км.}$$

$$I_{\text{ткр}} = (1 + 0,8) \cdot 0,0039 \cdot (184 + 2412,5) \cdot 4272118 = 77869732 \text{ долларов США.}$$

Для электровозного парка 8Е1А:

$$\sum NS_{\text{тр}} = 365 \cdot \frac{24}{28,42} \cdot 385 \cdot 24 = 2848079 \text{ км.}$$

$$I_{\text{ткр}} = (1 + 0,8) \cdot 0,0039 \cdot (200 + 2412,5) \cdot 2848079 = 52233057 \text{ долларов США.}$$

Расходы на содержание верхнего строения пути представлены в таблице 13.

Таблица 13

Расходы на содержание верхнего строения пути

Наименование показателей	Электровозы	
	ВЛ10, ВЛ11	8Е1А
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Парк локомотивов, ед.	36	24
Расходы на содержание верхнего строения пути рассчитанный на парк локомотивов, тыс. долларов США/год.	77870	52233
Расходы на содержание верхнего строения пути рассчитанный на один локомотив, тыс. долларов США/год.	2163	2176

Экономия эксплуатационных расходов на содержание верхнего строения пути по парку локомотивов составит 25637 тысяч долларов США за год.

Годовые эксплуатационные расходы представлены в таблице 14.

Таблица 14

Годовые эксплуатационные расходы по сравниваемым электровозам.

Наименование показателей	Значение показателей по парку электровозов, тыс.долларов США	
	ВЛ10, ВЛ11	8Е1А
Количество (единиц)	36	24
Годовые эксплуатационные расходы на:		
- электроэнергию;	7560	2065
- технические обслуживания и ремонты и неплановые ремонты;	5457	1589
- оплата труда локомотивных бригад;	1701	1135
- смазочные материалы;	47,4	23,3
-затраты на содержание верхнего строения пути.	77870	52233

Наименование показателей	Значение показателей по парку электровозов, тыс.долларов США	
	ВЛ10, ВЛ11	8Е1А
ИТОГО	92635	57045
Экономия годовых эксплуатационных расходов на парк	35590	
Экономия годовых эксплуатационных расходов на 1 эл-ов	1483	

Уменьшение (экономия) годовых эксплуатационных расходов $\Delta И'_t$ для одного электровоза 8Е1А по сравнению с базовым (с учетом коэффициента производительности 1,5) составляет 1483 тыс. долларов США.

4.3. Расчет сопутствующих единовременных затрат, связанных с внедрением электровозов 8Е1А в эксплуатацию.

Таблица 15. Сопутствующие расходы в долл.США

Наименование статьи	Сумма
Расходы на обучение ремонтного и обслуживающего персонала (20чел*56час*7,5\$)	8400
Расходы по выезду соисполнителей	20 000
Стоимость тех.документации (зарплата -5760\$; материалы-1200\$; накладные - 12720\$)	19 680
Расходы на оборудование деповской и заводской ремонтной базы (экспертная оценка специалистов)	581 195
Итого сопутствующие единовременные затраты, связанные с внедрением электровоза 8Е1А	629 275

Сопутствующие единовременные расходы на один электровоз составляют :

$$629\,275 : 24 = 26\,219,8 \text{ долл.}$$

4.4. Коэффициент дисконтирования.

Коэффициент дисконтирования α_t принимаются в соответствии приложения №9 к Методике определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта (основные положения) при значении нормы дисконта $E = 10\%$ согласно исходным параметрам для расчета технико-экономического обоснования Приложение №2.

4.5. Цена приобретения.

Цена приобретения $C_{\text{пр}}$ объекта (первоначальная стоимость), на стадии разработки концепции нового локомотива и опытно- конструкторских работ (I-II стадии жизненного цикла) принята в значении 5 139,5 тыс.долл.

4.6. Стоимость жизненного цикла СЖЦ (LCC).

$$\text{СЖЦ}(LCC) = C_{\text{пр}} + \sum_{t=1}^T (И_t + \Delta K_t - Л_t) \cdot \alpha_t$$

В Таблице 16,17 приведен расчет дисконтированной величины эксплуатационных расходов и сопутствующих единовременных затрат, связанных с внедрением техники в эксплуатацию. Ликвидационная стоимость ($Л_t$), рассчитываемая на конечной стадии эксплуатации подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта, с учетом дисконтирования является достаточно малой и при определении СЖЦ ее значение не учитывается.

Таким образом, СЖЦ 1 (одной) единицы нового локомотива будет составлять:

$$\text{СЖЦ}(LCC) = 5\,139,5 + 23\,243,70 + 23,83 = 28\,407,03 \text{ тыс. долл.}$$

Таблица 16

Годовые эксплуатационные расходы электровоза 8 Е1А в тыс.долл.

Года	Текущие затраты					Всего затрат	Коэффициент дисконтирования	Затраты ЖЦ
	Электроэнергия	ТО, ремонты и неплановые ремонты	Оплата труда локомотивных бригад	затраты на смазочные материалы	Затраты на содержание верхнего строения пути			
1	2	3	4	5	6	7	9	10
1	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,91	2 160,81
2	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,83	1 964,37
3	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,75	1 785,79
4	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,68	1 623,45
5	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,62	1 475,86
6	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,56	1 341,69
7	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,51	1 219,72
8	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,47	1 108,84
9	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,42	1 008,03
10	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,39	916,39
11	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,35	833,08
12	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,32	757,35
13	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,29	688,50
14	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,26	625,91
15	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,24	569,01
16	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,22	517,28
17	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,20	470,25
18	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,18	427,50
19	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,16	388,64
20	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,15	353,31
21	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,14	321,19
22	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,12	291,99
23	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,11	265,45
24	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,10	241,31
25	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,09	219,38
26	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,08	199,43
27	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,08	181,30
28	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,07	164,82
29	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,06	149,84
30	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,06	136,22
31	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,05	123,83
32	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,05	112,58
33	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,04	102,34
34	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,04	93,04
35	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,04	84,58
36	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,03	76,89
37	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,03	69,90
38	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,03	63,55
39	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,02	57,77
40	86,04	66,21	47,29	0,97	2 176,38	2 376,89	0,02	52,52
	3 441,67	2 648,33	1 891,67	38,83	87 055,00	95 075,50		23 243,70

Таблица 17

Сопутствующие единовременные затраты в тыс.долл.

Года	На обучение ремонтного и обслуживающего персонала	На оборудование деповской и заводской ремонтной базы	Стоимость тех.документации	Итого затрат	Коэффициент дисконтирования	Итого сопутствующие затраты
1	2	3	4			8
1	28,40	581,2	19,70	629,3	0,91	572,09
	28,4	581,20	19,7	629,2		572,09

Дисконтированная стоимость жизненного цикла СЖЦ (LCC) электровоза 8E1A до конечного года эксплуатации $T=40$ лет составляет 28 407,03 тыс. долларов США.

Сопутствующие единовременные затраты ΔK_t продисконтированы за один год от начала эксплуатации нового электровоза и составляют $\Delta K_t = 572,09$ тыс.долл. В расчете на один электровоз $\Delta K_t = 572,09 : 24 = 23,83$ тыс.долл.

Глава 5. Методика расчета полезного экономического эффекта и лимитной (предельно допустимой) цены электровоза 8E1A

5.1. Методика определения и расчет полезного эффекта.

Полезный эффект ($\mathcal{E}_п$) нового электровоза при эксплуатации представляет стоимостную оценку изменения его потребительских свойств по сравнению с базовым электровозом, оказывающего влияния на показатели производительности, надежности и долговечности, использования рабочей силы, сырья, материалов, электроэнергии качество перевозочного процесса, экологические и социальные показатели.

Расчет полезного эффекта осуществляется по формуле:

$$\mathcal{E}_п = C_б \cdot (K_п \cdot K_д - 1) + \Delta LCC' + \mathcal{E}_с + \mathcal{E}_к + \mathcal{E}_э.$$

$C_б$ - цена базовой единицы электровоза; $C_б = 3\,150$ тыс.долл в соответствии с Приложением № 5 (Исходные параметры для расчета ТЭО).

$K_п$ - коэффициент учета роста производительности нового электровоза

$$K_п = \frac{B_1}{B_2}$$

где, B_1 – потребный парк базового и B_2 нового электровозов при выполнении одинаковой перевозочной работы. При этом учитываются показатели надежности нового и базового электровоза (Приложение №2 «Исходные данные для расчета ТЭО» определяет значение $B_1=36$, в Главе 3 Таблица 6 настоящего ТЭО приведен расчет значения B_2 , $B_2=24$);

$$K_п = \frac{36}{24} = 1,5$$

K_d - коэффициент учета изменения срока службы нового электровагона по сравнению с базовой моделью:

$$K_d = \frac{1/T_1 + E}{1/T_2 + E}$$

где T_1, T_2 сроки службы базового и нового электровагонов (Приложение № 2 «Исходные данные для расчета ТЭО» определяет значение $T_1=33$, «Технические требования на электровагон магистральный постоянного тока грузовой для Грузии» $T_2= 40$)

E – норма дисконта (Приложение № 2 «Исходные параметры для расчета ТЭО»

$E=0,1$).

$$K_d = 1,04$$

$\Delta LCC'$ - экономия СЖЦ при использовании нового электровагона по сравнению с базовым без учета прямых инвестиции в приобретение электровагона и амортизационных начислений в составе годовых эксплуатационных расходов.

При этом в составе СЖЦ, нового электровагона, отражаются единовременные сопутствующие расходы на развитие ремонтной базы. Экономия LCC электровагона определяется из выражения:

$$\Delta LCC' = \sum_{t=1}^T \Delta I'_t \cdot \alpha_t \pm \sum_{t=1}^T \Delta K'_t \cdot \alpha_t$$

$\Delta I'_t$ - изменение годовых эксплуатационных расходов потребителя при использовании им нового электровагона в расчете на объем работы, выполняемой новым электровагоном за расчетный период.

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

$\Delta K'_t$ - изменение сопутствующих капитальных вложений потребителя за срок службы при использовании нового электровагона взамен базового в расчете на объем работы.

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;

α_t - коэффициент дисконтирования;

В Таблице 18 приведен расчет эксплуатационных расходов базового электровоза.

Таблица 18.

Годовые эксплуатационные расходы базового электровоза в тыс.долл.

Года	текущие затраты					Всего затрат	Коэффициент дисконтирования	Затраты ЖЦ
	Электроэнергия	ТО, ремонты и неплановые ремонты	Оплата труда локомотивных бригад	затраты на смазочные материалы	Затраты на содержание верхнего строения пути			
1	2	3	4	5	6	7	9	10
1	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,91	3 508,92
2	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,83	3 189,92
3	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,75	2 899,93
4	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,68	2 636,30
5	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,62	2 396,64
6	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,56	2 178,76
7	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,51	1 980,69
8	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,47	1 800,63
9	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,42	1 636,94
10	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,39	1 488,12
11	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,35	1 352,84
12	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,32	1 229,85
13	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,29	1 118,05
14	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,26	1 016,41
15	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,24	924,01
16	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,22	840,01
17	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,20	763,64
18	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,18	694,22
19	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,16	631,11
20	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,15	573,74
21	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,14	521,58
22	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,12	474,16
23	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,11	431,06
24	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,10	391,87
25	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,09	356,24
26	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,08	323,86
27	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,08	294,42
28	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,07	267,65
29	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,06	243,32
30	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,06	221,20
31	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,05	201,09
32	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,05	182,81
33	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,04	166,19
34	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,04	151,08
35	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,04	137,35
36	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,03	124,86
37	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,03	113,51
38	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,03	103,19
39	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,02	93,81
40	315,00	227,38	70,88	1,98	3 244,58	3 859,81	0,02	85,28
	12 600,00	9 095,00	2 835,00	79,00	129 783,33	154 392,33		37 745,26

Годовые эксплуатационные расходы базового электровоза ВЛ10 (ВЛ11) приведены с учетом коэффициента производительности равного 1,5.

В результате проведенных расчетов величина $\Delta LCC'$ составила :

$$\Delta LCC' = (37\,745,26 - 23\,243,7) - 23,83 = 14\,477,73 \text{ тыс. долл}$$

Эк - эффект от изменения качества перевозок, учитывающий, такие факторы, как надежность электровоза, безопасность перевозок;

Эс - социальный эффект. Социальными результатами являются улучшение условий труда работников локомотивных и ремонтных бригад и улучшение состояния их здоровья;

Ээ - экологический эффект. Оценка экологического эффекта основывается на использовании показателя предотвращенного ущерба или минимизации платы за загрязнение окружающей среды. Рассчитывается при расчете показателей общественной эффективности как снижение ущерба от негативного воздействия на окружающую среду.

Социальные и экологические результаты не возможно оценить количественно, но эти расходы являются общественно необходимыми, поскольку ведут к улучшению условий жизнедеятельности людей. На 10.04.17г. информация от АО «Грузинская железная дорога» о значениях коэффициентов $\text{Э}_\text{с}$, $\text{Э}_\text{к}$, $\text{Э}_\text{э}$ не получена, в следствие чего эти эффекты в данном расчете не учтены .

В результате приведенных расчетов величина полезного эффекта от применения электровоза 8E1A по сравнению с базовым электровозом ВЛ11 составила:

$$\text{Э}_\text{п} = 3\,150 \cdot (1,5 \cdot 1,04 - 1) + 14\,477,73 = 16\,241,73 \text{ тыс. долл.}$$

5.2. Расчет лимитной (предельно допустимая) цена.

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 нового электровоза, определяемый на основе стоимостной оценки улучшения ее потребительских свойств, при котором обеспечивается относительное удешевление выполняемой ею функции.

Важнейшими технико-экономическими параметрами по электровозам являются: мощность и сила тяги, конструкционная скорость, удельный расход энергетических ресурсов, продолжительность и структура ремонтного цикла, стоимость каждого вида ремонта и обслуживания, срок службы с учетом морального износа и т.д.

Лимитная (предельная) цена определяется по формуле:

$$C_L = C_6 \cdot K_M + \Delta_P \cdot K_3$$

где C_L - лимитная цена нового электровоза; C_6 - цена базового электровоза с учетом изменения производительности;

K_M - коэффициент, учитывающий моральный износ базового электровоза. Принимается по экспертной оценке на уровне 0,8-0,9 для технических средств, находящихся в производстве более 20 лет;

В целях настоящего расчета принимаем $K_M=0,8$.

Δ_P - полезный эффект от применения нового электровоза;

K_3 - коэффициент учета полезного эффекта в цене нового электровоза.

Коэффициент K_3 дифференцируется в зависимости от новизны, значения и особенностей производства и применения нового электровоза.

Коэффициент K_3 , учитывает коммерческий интерес и потребителя, и производителя техники.

Верхним пределом цены (ценой безразличия) нового электровоза является цена, рассчитанная при значении $K_3=1$, то есть весь полезный эффект включается в цену и остается у производителя. Применение такого технического средства в эксплуатации становится экономически нецелесообразным.

В целях настоящего расчета принимаем $K_3=0,7$.

В целях настоящего расчета применяем $C_6 = 3\,150$ тыс. долл

В результате проведенных расчетов лимитная цена электровоза 8Е1А составляет:

$$C_L = 3150 \cdot 0,8 + 16\,241,73 \cdot 0,7 = 13\,889,21 \text{ тыс. долл}$$

5.3. Расчет чистого дисконтированного дохода (NPV).

Дисконтирование потока денежных средств – это техника оценки инвестиционного проекта, которая принимает во внимание и момент движения потоков денежных средств и совокупную доходность за время жизни проекта.

Содержание метода состоит в том, что современное значение всех операционных чистых денежных потоков с учетом их временной стоимости сравнивается с современным значением всех потоков, обусловленных капитальными вложениями для реализации проекта. Разница между этими потоками за весь период реализации проекта называется чистым дисконтированным доходом (чистой приведенной стоимостью) NPV.

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{FCF_t}{(1+E)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{CCF_t}{(1+E)^t} + \sum_{t=0}^T \frac{OCF_t}{(1+E)^t}$$

CFF – денежный поток от инвестиционной деятельности, образованный капитальными вложениями (в начале инвестиционного проекта) и изъятиями инвестиций (в конце проекта);

OCF – денежный поток от операционной деятельности, образованный инвестиционным проектом;

FCF – свободный денежный поток, равный сумме потоков денежных средств по инвестиционной и операционной деятельности.

T – срок реализации инвестиционного проекта;

В расчете значение $T=40$

E – норма дисконта

В расчете $E=0,1$ (Приложение №2 «Исходные данные для расчета ТЭО»)

В нашем расчете денежный поток от инвестиционной деятельности CCF_t представлен как разность денежных потоков, образованных в момент принятия решения об инвестициях (0 – год) с учетом единовременных сопутствующих расходов.

Денежный поток от операционной деятельности OCF_t рассчитан по релевантным расходам, то есть тем расходам, которые изменяются в случае принятия решения об инвестициях, в нашем расчете это эксплуатационные расходы.

Чистый дисконтированный доход определяется на основе сопоставления денежных потоков, рассчитанных для базового и нового электровозов. В качестве денежных потоков принимаются затраты текущего и единовременного характера. Чистый дисконтированный доход определяется как разница потоков, вызванных экономией эксплуатационных расходов, при использовании базового электровоза ВЛ10 (11) и электровоза 8Е1А с учетом налогообложения (ставка налога на прибыль 15 %).

В Таблице 19 приведены расчеты чистого дисконтированного дохода от замены базового электровоза ВЛ10(11) на электровоз 8Е1А.

Итого чистый дисконтированный доход –NPV проекта составляет 10 141,45 тыс.долл.

5.4.Расчет срока окупаемости

Расчет срока окупаемости представлен на графике Рис. 1 и составляет 4 года.

5.5. Расчет внутренней нормы доходности.

Внутренняя норма доходности (IRR) – это учетная ставка при которой NPV проекта равна нулю, в настоящем расчете значение IRR определено с помощью финансового калькулятора на основании Таблицы 19 и составило 48,16 %.

Окончание Таблицы 19, в тыс. долл.

Наименование/годы	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Единоновременные расходы :																				
Стоимость электропровода ВЛ10(ВЛ11) с учетом коэффициента производительности																				
Эксплуатационные расходы:																				
1. Расходы на энергоресурсы	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00
2. ТО и ремонты	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38	227,38
3. Расходы на ремонт и содержание пути	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58	3 244,58
4. Содержание локомотивных бригад	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88	70,88
5. Смазочные материалы	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
Всего эксплуатационных расходов	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81
Денежный поток	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81	3 859,81
Стоимость электропровода 8Е1А																				
Сопутствующие расходы																				
Эксплуатационные расходы:																				
1. Расходы на энергоресурсы	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04	86,04
2. ТО и ремонты	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21	66,21
3. Расходы на ремонт и содержание пути	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38	2 176,38
4. Содержание локомотивных бригад	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29	47,29
5. Смазочные материалы	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Всего эксплуатационных расходов	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89
Денежный поток	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89	2 376,89
Разность денежных потоков	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92	1 482,92
Налог на прибыль	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44	222,44
Чистый денежный поток	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48	1 260,48
Норма дисконта	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
Коэффициент дисконтирования	0,1151	0,1128	0,1117	0,1105	0,09973	0,0839	0,0763	0,0693	0,0630	0,0573	0,0521	0,0474	0,0431	0,0391	0,0356	0,0323	0,0294	0,0267	0,0243	0,022
Дисконтированный денежный поток	170,33	154,85	140,77	127,97	116,34	105,76	96,15	87,41	79,46	72,24	65,67	59,70	54,27	49,34	44,85	40,78	37,07	33,70	30,64	27,92
Чистый дисконтированный доход	8 751,46	8 906,30	9 047,07	9 175,04	9 291,38	9 397,14	9 493,29	9 580,69	9 660,15	9 732,39	9 798,06	9 857,76	9 912,03	9 961,37	10 006,22	10 047,00	10 084,07	10 117,77	10 148,40	10 174,43

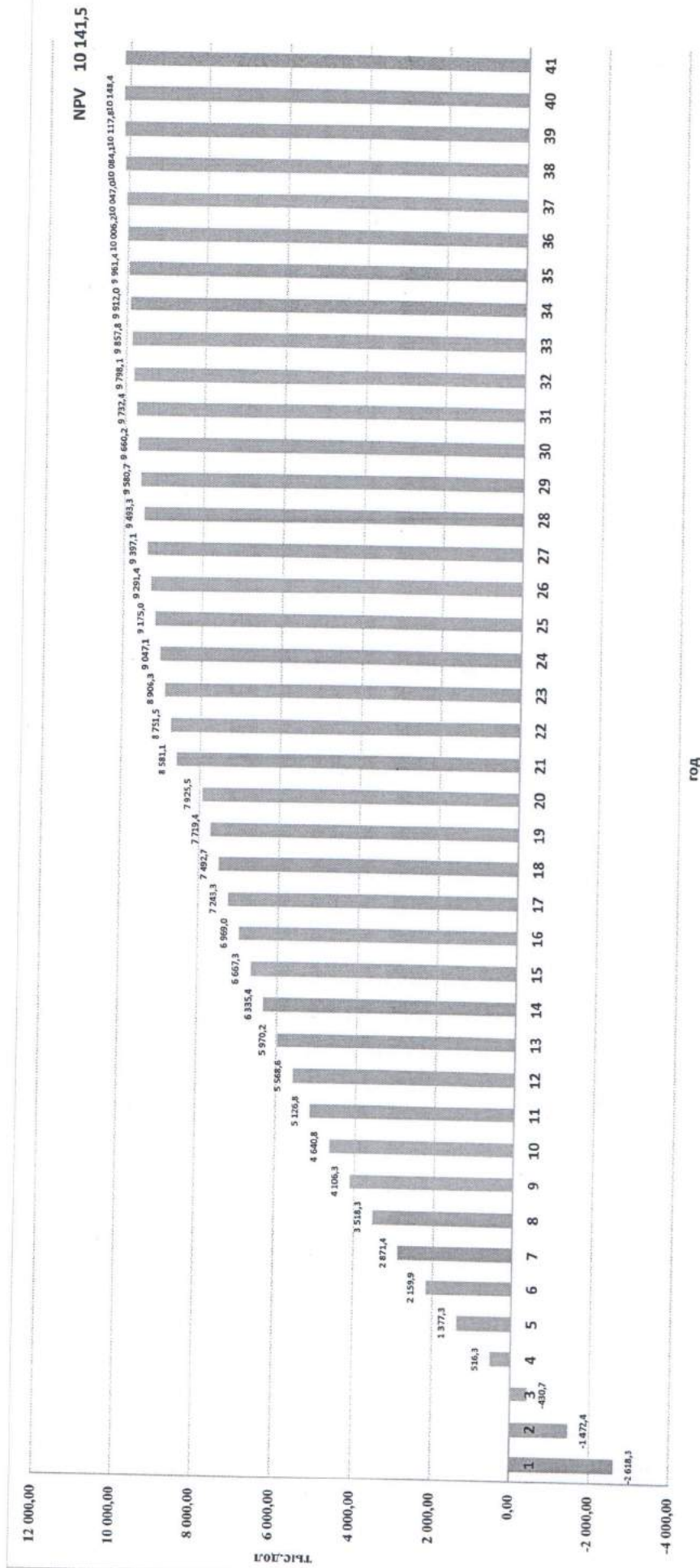


Рис.1. Чистый дисконтированный доход и срок окупаемости электростанции 8Е1А.

Глава 6. Заключение.

Расчет «Технико-экономического обоснования замены инвентарного парка локомотивов на участке Грузинской железной дороги на грузовые электровозы постоянного тока 8Е1А» выполнен по методике сопоставления затрат единовременного и текущего характера за срок службы нового электровоза 8Е1А и расходов по эксплуатации и содержанию в исправном состоянии электровозов ВЛ10, ВЛ11 существующего локомотивного парка АО «Грузинская железная дорога».

Проведены тяговые расчеты для участка Гардабани-Батуми АО «Грузинская железная дорога», расчеты годовых эксплуатационных расходов электровоза 8Е1А.

Перевозка годового объема - 14 млн. тонн электровозами 8Е1А обеспечивается уменьшенным на 34% потребным парком локомотивов по сравнению с базовыми электровозами ВЛ10, ВЛ11. Это достигается за счет увеличения межремонтных пробегов и снижением подталкивающих локомотивов на лимитирующем участке.

Эксплуатация новых электровозов 8Е1А (не включая стоимость их приобретения) обеспечит снижение затрат на 438 626,02 тыс.долл. (с учетом дисконтирования за период эксплуатации равный 40 годам) или на 44 % по отношению к существующему парку локомотивов ВД10 (11). Итоговые показатели расчета «Технико-экономического обоснования замены инвентарного парка локомотивов на участке Грузинской железной дороги на грузовые электровозы постоянного тока 8Е1А приведены в Таблице 20.

Таблица 20

Итоги расчетов

№ п/п	Показатели	Значение показателя, тыс.долларов США
1	2	3
1	Цена приобретения локомотива	5 139,5
2	Единовременные затраты	629,3
2.2	Обучение и подготовка кадров	28,4
2.3	Создание ремонтной базы (разработка и оснащение депо технологическим, диагностическим оборудованием и средствами измерения)	581,2
2.4.	Затраты на предоставление заказчику технической документации	19,7
3	Эксплуатационные расходы	57 045
3.1	Энергоресурсы	2 065
3.2	Техническое обслуживание и ремонт	1 589
3.3	Содержание эксплуатационного персонала	1 135

№ п/п	Показатели	Значение показателя, тыс.долларов США
1	2	3
3.4	Экипировочные материалы	23,3
3.5	Расходы на содержание верхнего строения пути	52 233
4	Потребный парк локомотивов (шт)	24
5	Дисконтирование стоимости жизненного цикла	28 407,03
6	Лимитная цена внедряемого локомотива	13 889,21
7	Полезный эффект	16 241,73
8	Чистый дисконтированный доход (NPV)	10 141,45
9	Срок окупаемости (год.)	4
10	Внутренняя норма доходности	48,16 %

Генеральный конструктор

АО «Электровозостроитель»



Н.Г.Манджавидзе

Зам.директора по экономике и финансам

АО «Электровозостроитель»



Т.В.Чуйко