

Технико-экономическое обоснование

замены инвентарного парка локомотивов на участке грузинской железной дороги на грузовые электровозы ALSTOM

Выполнено: ТОО «Инжиниринговый центр» АО «КазАТК»
И.о. директора Рахимов Ринат Калиевич



Согласованно: ЭКЗ (Электровоз Курастыру Зауыты), Директор по работе с клиентами,
Андрей Ершов



Одобрено: ALSTOM, Управляющий Директор, Грузия и Азербайджан,
Эльшан Зейналов



ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы является технико-экономическое обоснование замены существующего инвентарного парка локомотивов Грузинской железной дороги на грузовые электровозы постоянного тока производства ALSTOM Transport.

Электровоз постоянного тока ALSTOM создан непосредственно на базе грузопассажирского локомотива PRIMA™, обеспечивает максимальную скорость движения и возможность работы с различными типами контактной сети с высокой мощностью.

За последние 15 лет компания ALSTOM произвела более 2200 локомотивов семейства PRIMA™. На сегодняшний день они успешно эксплуатируются во всему миру (Франция, Казахстан, Германия, Бельгия, Китай, Иран, Сирия, Шри-Ланка Марокко, Израиль, США, вскоре – Азербайджан).

Представленная модель электровоза сочетает в себе инженерные достижения ALSTOM, обеспечивая высокие тяговые характеристики, экономию энергопотребления, высокие показатели готовности и экономичное техническое обслуживание. Особенностью компании ALSTOM является техническое сопровождение продукции на протяжении всего срока её эксплуатации.

При подготовке данного технико-экономического обоснования были использованы следующие источники:

- Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта;
- Правила тяговых расчетов для поездной работы;
- Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте;
- Технические и экономические параметры парка локомотивов серии ВЛ10, ВЛ11.

Расчеты произведены в соответствии с требованиями Технического задания на «Электровоз магистральный постоянного тока грузовой для Грузии. Технические требования» (Приложение 1) и дополнительным данным, представленным Грузинской железной дорогой в Приложениях 1-4 к Техническому заданию (“danarti_1_2a.xlsx”, “danarti_2_2a.xlsx”, “prilogenie3”, “prilogenie4”).

1. Анализ технических характеристик локомотивов

На участке Гардабани-Батуми в настоящее время поезда обслуживаются электровозами постоянного тока серии ВЛ10, ВЛ11.

Электровозы серии ВЛ10 выпускались Тбилисским электровозостроительным заводом и Новочеркасским электровозостроительным заводом с 1961 по 1977 годы, средний возраст локомотивов серии ВЛ10 приближается к 40-летней отметке, т.е. уже выработан полный ресурс.

Выпуск электровозов серии ВЛ11 завершен в 1990 г., при этом средний возраст этих локомотивов составляет 27 лет.

Такое состояние локомотивного парка привело к тому, что количество внеплановых ремонтов увеличилось до 365 ремонтов в год.

В связи с тем, что инвентарный парк локомотивов в основном вышел за пределы срока эксплуатации, Грузинской железной дорогой принято решения о покупке электровозов в количестве 45 единиц.

В таблице 1 приведены технические характеристики электровозов ВЛ10/ВЛ11 и электровоза ALSTOM.



Таблица 1 - Технические характеристики

Наименование параметра	Ед. измерения	ВЛ10/ВЛ11	ALSTOM
Номинальная нагрузка от колесной пары на рельсы	кН (тс)	225(23)	245 (25)
Масса электровоза с 0,67 запаса песка	т	184	200
Конструкционная скорость, не меньше	км/ч	100	120
Мощность в продолжительном режиме на валах тяговых электродвигателей (ТЭД), не меньше	кВт	4 600	8 400
Сила тяги в продолжительном режиме, не меньше	кН,(тс)	314	550
Скорость в продолжительном режиме, не меньше	км/ч,	51,2	50
Мощность в часовом режиме на валах ТЭД, не меньше	кВт,	5 360	8 800
Сила тяги в часовом режиме, не меньше	кН,(тс)	387	576
Скорость в часовом режиме, не меньше	км/ч,	48,7	55
КПД в продолжительном режима, не меньше	%	86	88
Диаметр колеса по кругу катания при новых бандажах	мм	1 250	1 250
Минимальный радиус кривых, при следовании со скоростью до 10 км/ч	м	125	125
Срок службы	год	33	40

Анализ таблицы 1 показывает, что электровозы ALSTOM имеют более длительный срок службы, его основные технические характеристики превосходят характеристики электровозов ВЛ10/ВЛ11.

Электровоз ALSTOM – грузовой двухсекционный восьмиосный электровоз постоянного тока с асинхронным тяговым приводом и опорно-осевым подвешиванием.

Локомотив оборудован тяговым приводом с асинхронными тяговыми двигателями и преобразователями на базе IGBT-транзисторов, которые охлаждаются растворами этиленгликоля.

Схемы тягового привода включают однофазные мосты с принудительной коммутацией, благодаря чему, в частности, удалось оптимизировать коэффициент мощности, что очень важно в плане экономии энергии и избежания необходимости увеличения числа тяговых подстанций на линии.

На каждой оси локомотива установлены независимые друг от друга системы тяги. Электровоз оборудован высоконадежной системой торможения. Специально оборудованные к перевозке грузов колодочные тормоза позволяют снизить расходы и обеспечить простоту обслуживания. На электровозе установлены реостатные и рекуперативные тормоза.

Модульная конструкция электровоза позволяет наилучшим образом обеспечить требуемые технические характеристики в процессе эксплуатации. Благодаря этому локомотивы остаются высокотехнологичными на протяжении всего жизненного цикла,



имеют высокий коэффициент готовности и низкие эксплуатационные расходы, в том числе и расходы на обслуживание и ремонт.

Унификация конструкции и основных комплектующих значительно сокращает количество подсистем. Кроме того, электровоз оборудован диагностической системой, которая определяет неисправности в любой подсистеме локомотива и передает информацию о них в центр технического обслуживания. Благодаря этой системе эксплуатация подсистем оптимизирована, а в случае возникновения неполадок их диагностика и устранение осуществляются в короткие сроки.

Компания ALSTOM гарантирует поставку запасных частей на протяжении всего срока эксплуатации электровоза.

Технические параметры электровоза ALSTOM полностью соответствуют документу «Электровоз магистральный постоянного тока грузовой для Грузии. Технические требования».

2. Анализ участка Батуми – Гардабани

Участок Батуми – Гардабани имеет протяженность 385 км. Тяговый профиль участка был предоставлен Грузинской железной дорогой в документе “danarti_2_2a.xlsx”.

Участок Батуми – Гардабани имеет профиль средней сложности, за исключением участка Зестафони-Хашути (Сумарский перевал), на котором расположен лимитирующий участок Хашури-Харагаули (перегон Лихи-Марелиси) с крутизной подъема в нечетном направлении - 28,5 % длиной 41 км.

На участке Батуми – Гардабани расположено семь станций (рисунок 1):

- 4 главных станции (Батуми, Самтредиа, Хашури, Тбилиси-Пассаж.);
- 3 промежуточных станции (Зестафони, Гори, Гардабани).



Рисунок 1 – Схема железной дороги Грузии

Направление Гардабани-Батуми принято нечетным направлением с установленной весовой нормой грузовых поездов 3000 т, направление Батуми-Гардабани принято четным



направлением с установленной весовой нормой грузовых поездов 3500 т (согласно документу “danarti_2_2a.xlsx”).

3. Расчет кратности тяги на лимитирующем участке

С целью определения кратности тяги на лимитирующем участке были определены необходимая сила тяги F_p и мощность N_p локомотива в продолжительном режиме:

$$F_p = g[Q(w_o'' + i_p) + P(w_o' + i_p)], \text{кН} \quad (1)$$

$$N_p = \frac{F_p V_p}{3,6}, \text{кВт} \quad (2)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;

Q - масса состава, т;

w_o'' и w_o' - удельное сопротивление движению соответственно состава и локомотива, Н/кН;

i_p - крутизна расчетного подъема, ‰;

P - масса локомотива, т.

Удельные сопротивления движению вагонов состава и локомотива ВЛ10 определялись по формулам, приведенных в ПТР [2].

Удельное сопротивление движению локомотива ALSTOM определено по формуле:

$$w_o' = 0,0001(65P + Pv + 3v^2) + 13n, \quad (3)$$

где v - скорость движения локомотива, км/ч;

n - количество осей локомотива.

Расчеты проводились для следующих весовых норм:

- нечетное направление: 2129 т, 3000 т;

- четное направление: 2696 т, 3500 т.

Результаты расчета кратности тяги приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет тяговых единиц для участка Зестафони-Хашути

Показатель	Направление	Масса поезда, т	Серия локомотива	
			ВЛ10,ВЛ11	ALSTOM
Среднестатистическая масса поезда	четное	2696	1	1
	нечетное	2129	1+2,58т	1+0,5т
Весовая норма поезда	четное	3500	1	1
	нечетное	3000	1+2,89т	1+0,5т

Как видно из таблицы 2, на участке Зестафони-Хашути для обслуживания 1 пары поездов необходимо использовать 5 электровозов ВЛ10, ВЛ11 (2 электровоза и 3 толкача), а



при применении локомотивов ALSTOM - 2,5 единицы (2 электровоза и 1 секция в качестве толкача) при установленных весовых нормах поездов.

На других участка применяется одиночная тяга как для электровозов ВЛ10, ВЛ11, так и для локомотивов ALSTOM.

4. Тяговые расчеты

С целью определения времени хода поезда T_x по участку и расхода электроэнергии на тягу поездов A'_{NS} были проведены тяговые расчеты по методике, изложенной в [3].

Определение скорости движения и времени хода поезда по участку осуществлялось путем интегрирования основного уравнения движения поезда.

$$\frac{dv}{dt} = \zeta f_p, \quad (4)$$

где $\zeta = 120$ - переводной коэффициент;

dv – приращение скорости;

dt – промежуток времени;

f_p – удельная равнодействующая сила поезда, Н/кН;

Скорость движения и время хода поезда определялись графическим способом по спрямленному профилю пути с использованием диаграммы удельных ускоряющих и замедляющих сил поезда.

Результаты тяговых расчетов для электровоза ВЛ10 и локомотива ALSTOM приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты тяговых расчетов

Наименование параметра	Величина измерения	ВЛ10	ВЛ10	ALSTOM
		Вариант 1	Вариант 2	
1	2	3	4	5
Батуми-Гардабани				
Длина участка	км	385.0	385.0	385.0
Масса поезда	т	3000.0	2129.0	3000.0
Время хода	ч	9.6	9.6	8.6
Ходовая скорость	км/ч	40.3	40.3	44.7
Время движения в режиме тяги	ч	3.7	3.0	2.1
Время движения в режиме рекуперации	ч	0.0	0.0	1.6
Время движения в режиме холостого хода и пневматического	ч	5.9	6.5	4.9



торможения				
Расход электроэнергии в режиме тяги	кВт ч	22387.9	16685.2	18998.6
Расход электроэнергии в режиме рекуперации	кВт ч	0.0	0.0	-8085.4
Норма расхода электроэнергии на собственные нужды	кВт ч/ ч	124.8	124.8	150.0
1	2	3	4	5
Расход электроэнергии на собственные нужды в режиме тяги и холостого хода и пневматического торможения	кВт ч	1191.8	1191.8	1053.0
Расход электроэнергии на собственные нужды в режиме рекуперативного торможения	кВт ч	0.0	0.0	252.0
Суммарный расход электроэнергии на собственные нужды	кВт ч	1191.8	1191.8	1305.0
Общий расход электроэнергии на тягу поезда	кВт ч	23579.7	17877.0	12218.2
Удельный расход электроэнергии	кВт ч/ 10000 т км брутто	204.2	218.1	105.8
Гардабани-Батуми				
Длина участка	км	385.0	385.0	385.0
Масса поезда	т	3500.0	2696.0	3500.0
Время хода	ч	9.7	9.6	8.3
Ходовая скорость	км/ч	39.7	40.3	46.5
Время движения в режиме тяги	ч	3.7	3.8	2.7
Время движения в режиме рекуперации	ч	0.0	0.0	1.2
Время движения в режиме холостого хода и пневматического торможения	ч	6.0	5.8	4.4
Расход электроэнергии в режиме тяги	кВт ч	29030.2	19143.8	22504.5
Расход электроэнергии в режиме рекуперации	кВт ч	0.0	0.0	-6194.4



Норма расхода электроэнергии на собственные нужды	кВт ч/ ч	124.8	124.8	150.0
Расход электроэнергии на собственные нужды в режиме тяги и холостого хода и пневматического торможения	кВт ч	1210.6	1191.8	1056.0
Расход электроэнергии на собственные нужды в режиме рекуперативного торможения	кВт ч	0.0	0.0	195.3
1	2	3	4	5
Суммарный расход электроэнергии на собственные нужды	кВт ч	1210.6	1191.8	1251.3
Общий расход электроэнергии на тягу поезда	кВт ч	30240.8	20335.6	17561.4
Удельный расход электроэнергии	кВт ч/ 10000 т км брутто	224.4	195.9	130.3
Батуми-Гардабани-Батуми (на 1 пару поездов)				
Длина участка	км	770.0	770.0	770.0
Масса поезда	т	3250.0	2413.0	3250.0
Время хода	ч	19.3	19.1	16.9
Ходовая скорость	км/ч	40.0	40.3	45.6
Общий расход электроэнергии на тягу поезда	кВт ч	53820.5	38212.7	29779.6
Удельный расход электроэнергии	кВт ч/ 10000 т км брутто	215.1	205.7	119.0

Тяговые расчеты были произведены для электровозов ВЛ10 для двух вариантов:

- I вариант: массы поездов 2696 т, 2129 т;
- II вариант: массы поездов 3500 т, 3000 т.

Как видно из таблицы 3, общий и удельный расход электроэнергии электровоза ALSTOM существенно ниже расхода электроэнергии электровозом ВЛ10 в связи с применением рекуперативного торможения.

5. Расчет эксплуатационных показателей

Расчет годовых эксплуатационных расходов для технико-экономической оценки эффективности новых локомотивов, расчета полезного эффекта и стоимости жизненного цикла выполняется в следующем порядке:

- 1) выбирается база для сравнения (объект - аналог);
- 2) выявляются технические преимущества замены парка локомотивов;
- 3) определяются эксплуатационно-качественные показатели до и после внедрения;



4) рассчитываются эксплуатационные расходы по сравниваемым вариантам и затраты, связанные с реализацией инновационного проекта.

Технические параметры как базового, так и нового локомотива принимаются в соответствии с утвержденной технической документацией.

Для тягового подвижного состава важнейшими натуральными показателями являются мощность, сила тяги, надежность, продолжительность и структура ремонтного цикла, производительность, удельный расход топлива и других материальных ресурсов, а также трудоемкость и себестоимость технического обслуживания, время простоя, затраты материальных ресурсов и другие.

Схема расчета эксплуатационных расходов, зависящих от типа локомотива, на конкретном участке приведена в приложении № 3[1].

В таблице 4 приведен сравнительный расчет эксплуатационных показателей для локомотивов ВЛ10/ВЛ11 и электровоза ALSTOM .

Анализ таблицы 4 показал, что при применении электровозов ALSTOM на участке Гардабани-Батуми улучшаются качественные показатели использования локомотивов.

Таблица 4- Расчет эксплуатационных показателей

Показатели	Расчетная формула	Локомотив,		
		ВЛ10		ALSTOM
		Q=2413	Q=3250	
1	2	3	3	5
<p>Число поездов в груженом направлении, пар поездов в сутки</p>	$n_{GP} = \frac{\Gamma_{GP} \cdot 10^6}{365 \cdot Q_{CP} \cdot \gamma}$ <p>где $\Gamma_{GP} = 14$ - объем перевозок в груженом направлении, млн.т;</p> $Q_{CP} = \frac{2696 + 2129}{2} = 2413$ - средний вес поезда для ВЛ10/ВЛ11, т; $Q_{CP} = \frac{3000 + 3500}{2} = 3250$ - средний вес поезда для локомотива ALSTOM, т; <p>$\gamma = 1$ - соотношение массы поезда нетто к массе брутто.</p>	16	12	12
<p>Ходовая скорость, км/ч</p>	$V_x = \frac{L_p \cdot 60}{T_x}$ <p>где $L_p = 385$ - длина расчетного участка, км;</p> <p>T_x - время прохождения всех элементов профиля, приведено в таблице 4 для конкретного локомотива, определено методом точных тяговых расчетов.</p>	40,3	40	45,6

10/37

30 Декабря 2016 г.



11/37



30 Декабря 2016 г.



	2	3	4	5
<p>Расход электроэнергии тыс. кВт-ч: - на тягу поездов;</p>	$A_T = 365 \cdot n_{zp} \cdot [A'_{NS} + Z \cdot N_{CH} \cdot L_p (1/V_{уч})]$ <p>где A'_{NS} - расход электроэнергии на тягу поезда на расчетном участке без учета потерь в контактной сети и тяговых подстанциях, кВт-ч (см. таблицу 4); $Z N_{CH}(1/U_{уч})$ - расход электроэнергии на собственные нужды, кВт-ч (см. таблицу 4); Z - коэффициент влияния изменения напряжения в контактной сети, $Z=1$ в режиме тяги и $Z=1,05$ в режиме рекуперации (см. таблицу 4); N_{CH} - мощность, потребляемая электровозом на собственные нужды, кВт.</p>	223162,2	235733,8	191874,7
<p>- на разгон поездов, кВт-ч;</p>	$A_{разг} = 365 \cdot n_{zp} \cdot K_p \cdot A \cdot (m_g + m_l) V_T^2$ <p>где K_p - число остановок грузового поезда; A - показатель расхода электроэнергии на разгон поездов; для электровозов постоянного тока $A=17,25 \cdot 10^6$; m_g, m_l - соответственно масса состава и локомотива, т; V - оптимальная скорость начала торможения, км/ч.</p>	<p>Данные Заказчиком не предоставлены. Для обоих вариантов принимаем $A_{разг}=0$.</p> <p>Тяговые расчеты проведены методом МПС, который учитывает время на разгон и замедление поезда</p>		
<p>- при простое поездов на технических станциях, кВт-ч;</p>	$A_{СТ} = 365 \cdot n_{zp} \cdot t_d \cdot N_{CH}$	<p>Данные Заказчиком не предоставлены. Для обоих вариантов принимаем $A_{СТ}=0$</p>		

12/37

30 Декабря 2016 г.



1	2	3	4	5
- при рекуперации, тыс. кВт-ч;	$\sum A_{рек} = 365 \cdot n_{сп} (\sum A_{пр1} + \sum A_{пр2}) (1/\eta_{ис})$ <p>где $\sum A_{пр1}, \sum A_{пр2}$ - соответственно экономия электроэнергии при рекуперации на вредных уклонах и остановках, кВт-ч; $\eta_{ис}=0,85$- коэффициент полезного использования энергии рекуперации</p>	0	0	73583
Общий расход электроэнергии с учетом потерь в контактной сети и тяговых подстанциях, тыс. кВт-ч;	$A_{общ} = [(A_T + A_{разг}) + A_{СТ} - \sum A_{рек}] \cdot [1/(\eta_{тп} \cdot \eta_{тс})]$ <p>где $\eta_{тп} = 0,96$ - к.п.д. соответственно тяговых подстанций; $\eta_{тс} = 0,9$ - к.п.д. соответственно тяговых подстанций и тяговой сети.</p>	258289,6	272840	136911,7
Участковая скорость, км/ч	$V_{уч} = V_x \cdot \beta_{уч}$ <p>где $\beta_{уч} = 0,9$- коэффициент участковой скорости.</p>	36,3	35,9	41
Среднее время простоя локомотива за оборот, ч	Задано	7,2	7,2	7,2
Время оборота локомотива, ч	$T_{об} = 2L_p / V_{уч} + t_l$ <p>где $t_l = 7,2$ – среднее время простоя в основном депо и в пункте оборота (задано Заказчиком)</p>	28,4	28,7	25,9
Среднесуточный пробег, км/сутки	$S_{сут} = 48 \cdot L_p / T_{об}$	650	644	713,5



1	2	3	4	5
<p>Потребный парк поездных локомотивов за исключением участка Хашури-Зестафони, ед.</p>	$M_{\text{поезд}} = \frac{K_T \cdot K_L}{(1 - \alpha_L) \cdot 24} \cdot \left(\frac{2 \cdot L_p}{V_{\text{уч}}} + t_L \right) \cdot n_{\text{зр}}$ <p>Где $L_p = 385 - 41 = 344$ км</p> <p>α_L – доля неисправных локомотивов, зависящая от величины межремонтных пробегов, времени простоя локомотива на плановых и неплановых ремонтах; для ВЛ10 $\alpha_L = 0,208$, для электровоза ALSTOM $\alpha_L = 0,04$;</p> <p>$K_T = 1$ - коэффициент, учитывающий кратность тяги ;</p> <p>$K_L = 1,15$ - коэффициент, учитывающий неравномерность движения.</p>	27,5	20,8	14,5
<p>Потребный парк поездных локомотивов с учетом подталкивания на участке Хашури-Зестафони, ед.</p>	$M_{\text{тол}} = \frac{K_T \cdot K_L}{(1 - \alpha_L) \cdot 24} \cdot \left(\frac{2 \cdot L_p}{V_{\text{уч}}} + t_{\text{тол}} \right) \cdot n_{\text{зр}}$ <p>Где $L_p = 41$ км</p> <p>K_T - коэффициент, учитывающий кратность тяги (для участка Хашури-Зестафони для ВЛ10 $K_T = 2,58$, для электровоза ALSTOM $K_T = 1,5$;</p> <p>$K_L = 1,15$ - коэффициент, учитывающий неравномерность движения;</p> <p>$t_{\text{тол}} = 1$ ч – среднее время простоя толкача за оборот.</p>	8,1	6	2,5



1	2	3	4	5
Инвентарный парк локомотивов с учетом подталкивания, ед.	M_u	36	27	17
Годовая производительность электровоза, млн.ткм брутто	$A_{TKM} = \frac{(\Gamma_{ГР} + \Gamma_{ОБ}) \cdot L_P}{M_H}$ <p>$\Gamma_{ГР}, \Gamma_{ОБ}$ – грузопоток в прямом и в обратном направлении соответственно млн.т.</p>	149,7	199,6	317,1
Годовой линейный пробег одного локомотива, км	$L_{год} = \frac{365 \cdot n_{зп} \cdot 2 \cdot L_P}{M_u}$	125000	124814,8	198235,3
Годовой линейный пробег электровозов во главе поездов, млн. км	$L_{год} = 365 \cdot n_{зп} \cdot 2 \cdot L_P$	4,5	3,37	3,37
Годовой пробег электровозов с учетом вспомогательного пробега, млн. км	$L_{год} = 365 n_{зп} S_{свт} (1 + \beta_{всп})$ <p>где $\beta_{всп} = 0,15$ - коэффициент вспомогательного пробега</p>	5.2	3,8	3,8

15/37

30 Декабря 2016 г.



6. Расчет эксплуатационных расходов по локомотивному хозяйству

Состав статей эксплуатационных расходов, учитываемых при расчете эффективности, определяется из доходов и расходов по видам деятельности.

Расчет текущих издержек ведется на равный по вариантам объем перевозок, соответствующий годовой производительности новой техники. За расчетный показатель принят объем перевозок равный 14 млн. тонн.

При технико-экономическом обосновании нового тягового подвижного состава на сетевом уровне в основу расчета положены нормы и нормативы, заложенные в техническом задании на поставку.

Формулы и порядок расчета эксплуатационных показателей приведены в приложении № 2 [1].

К эксплуатационным расходам, зависящим от типа локомотива и изменяющимся по рассматриваемым вариантам, относятся:

- расходы на электроэнергию;
- расходы на экипировку локомотива, на смазку механической части локомотива;
- расходы на ремонт локомотива;
- расходы на содержание локомотивных бригад;
- расходы на текущее содержание и амортизацию верхнего строения пути.

Расчет расхода на электроэнергию приведен в таблице 5.

Таблица 5 - Расчет расхода на электроэнергию

№ п/п	Наименование показателя	Ед, измерения	Локомотив		
			ВЛ10		ALSTOM
			I вариант	II вариант	
1	Годовой объем перевозок в груженном направлении	млн. т	14,0	14,0	14,0
2	Потребный парк поездных локомотивов с учетом кратности тяги	ед.	36,0	27,0	17,0
3	Общий расход электроэнергии в расчете на объем перевозок в год	тыс. кВт-ч	258289,6	272840,0	136911,7
4	Стоимость 1 кВт-ч электроэнергии	\$	0,042	0,042	0,042
5	Годовые расходы на электроэнергию на парк локомотивов	тыс. \$	10848,2	11459,3	5750,3
6	Годовые расходы на электроэнергию на 1 локомотив	тыс. \$	301,3	424,4	338,3
7	Экономия годовых эксплуатационных расходов на электроэнергию на парк локомотивов	тыс. \$	5097,9	5709,0	



Расчет расходов на оплату труда локомотивных бригад сведен в таблицу 6.

Таблица 6 - Расходы на оплату труда локомотивных бригад

№ п/п	Наименование показателя	Ед. измерения	Локомотив		
			ВЛ10		ALSTOM
			I вариант	II вариант	
1	Потребный парк локомотивов с учетом кратности тяги	ед.	36	27	17
2	Стоимость бригадо-часа локомотивной бригады с учётом ЕСН	\$	5,57	5,57	5,57
3	Число локомотивных бригад, обслуживающих 1 электровоз с учетом больничных и отпусков	чел.	4,13	4,13	4,13
4	Годовой фонд рабочего времени 1 бригады	ч	2055	2055	2 055
5	Среднее время нахождения локомотивной бригады на 1 электровозе	ч	5,63	5,63	5,63
6	Расходы на оплату труда локомотивных бригад на один локомотивов	тыс. \$ /год	47,27	47,27	47,27
7	Расходы на оплату труда локомотивных бригад на парк локомотивов	тыс. \$ /год	1701,84	1276,38	803,64
8	Экономия годовых на оплату труда локомотивных бригад на парк локомотивов	тыс. \$ /год	898,20	472,74	

Расчет расходов на экипировку приведен в таблице 7.

Экипировка - совокупность операций по подготовке электровоза к работе на линии. В экипировку входят: осмотр электровоза, снабжение песком, смазка трущихся частей механической части.

Расходы на экипировочные материалы включены в расходы на производство ТО-2, поэтому стоимость проведения экипировки исключена из расходов ТО-2 и представлена отдельной статьей расхода.

Таблица 7 – Расходы на экипировку

Экипировочные материалы	ВЛ10						ALSTOM		
	I вариант			II вариант					
	Количество в год	Стоимость единицы, \$	Стоимость экипировки в год, \$	Количество в год	Стоимость единицы, \$	Стоимость экипировки в год, \$	Количество в год	Стоимость единицы, \$	Стоимость экипировки в год, \$
Песок	6137,5	2,5	15282,4	5021,6	2,5	12503,8	134,8	2,5	335,7
Смазка механической части	6137,5	0,2	1227,5	5022,6	0,2	1004,5	135,8	697,7	94747,7
Тормозные колодки	6137,5	6,0	36825,0	5023,6	6,0	30141,6	136,8	167,4	22900,3
Накладки полозов	6137,5	3,0	18412,5	5024,6	3,0	15073,8	137,8	69,8	9618,4
Годовые расходы на экипировку на парк локомотивов, тыс. \$	71,7			58,7			127,6		
Экономия годовых расходов на экипировку на парк локомотивов, тыс. \$	-55,9			-68,9					

Сведения о периодичности плановых ремонтов и ТО приведены в таблице 8, другие сведения, используемые при расчете эксплуатационных расходов на ТО и ремонт, приведены в таблице 9.

Таблица 8 – Система и периодичность плановых ремонтов и ТО

Вид ремонта и ТО	Ед. измерения	Локомотив	
		ВЛ10	ALSTOM
ТО - 2	час/км	не более 48	25 000
ТО - 3	мес/км	1 / 12 500	75 000
ТР - 1	мес/км	2 / 25 000	150 000
ТР - 2	год/км	1,5 / 175 000	300 000
ТР - 3	год/км	3 / 350 000	600 000
КР-1	лет/км	6 / 700 000	2 400 000
КР - 2	лет/км	12 / 2 100 000	3 000 000

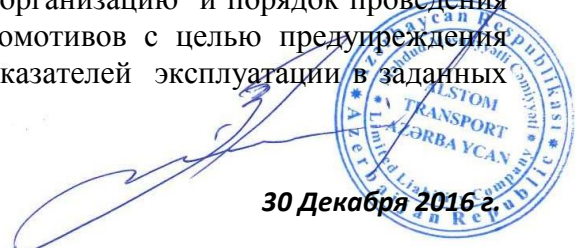
Таблица 9 – Сведения о ремонте и ТО

Наименование показателя	Ед. измерения	Локомотив		
		ВЛ10		ALSTOM
		I вариант	II вариант	
Фактические среднегодовые данные по количеству внеплановых ремонтов электровозов	лок./год	365	274	29
Коэффициент технической готовности	%	89,8	89,8	96
Среднегодовой простой на плановом техническом обслуживании и ремонте локомотивов	лок./сут	2,7	2,7	0,26
Среднегодовой простой на внеплановом техническом обслуживании и ремонте локомотивов	лок./сут	1	1	0,18
Деповской процент неисправных локомотивов	%	20,8	20,8	4

Как видно из таблиц 8 и 9 локомотивы ALSTOM имеют лучшие технические параметры, описывающие систему ремонтов и ТО.

Особенностью работы компании ALSTOM является техническое сопровождения своих локомотивов в течении всего жизненного цикла через систему сервисного обслуживания.

Система сервисного обслуживания локомотивов представляет собой комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по сервисному обслуживанию и ремонту локомотивов с целью предупреждения появления неисправностей и обеспечение высоких показателей эксплуатации в заданных условиях.



Сервисное обслуживание электровозов, осуществляемое в процессе эксплуатации для надежного обеспечения работоспособность электровоза и состоящий в замене и восстановления его отдельных частей и их регулировке в сервисных центрах.

В таблице 10 приведен расчет расходов на ТО и ремонт.

В таблице 11 приведен расчет на текущее содержание пути и амортизацию верхнего строения пути, при этом учитывалось только вредное воздействие на путь колес локомотива. Вред от вагонного парка не учтен.

Таблица 10 - Расчет расходов на ТО и ремонт

Наименование показателя	Ед. измерения	Локомотив		
		ВЛ10		ALSTOM
		I вариант	II вариант	
Количество ремонтов в год	Ед.			
ТО-2		6137,5	5021,6	134,8
ТО-3		216	176,7	44,9
ТР-1		193	157,9	22,5
ТР-2		12	9,8	11,2
ТР-3		5,5	4,5	5,6
КР-1		3,25	2,7	1,4
КР-2		2,2	1,8	1,1
Внеплановый ремонт		365	274,0	29
Стоимость одного ремонта	тыс. \$			
ТО-2		0,24	0,24	2,54
ТО-3		0,96	0,96	0,34
ТР-1		1,75	1,75	3,07
ТР-2		3,20	3,20	19,22
ТР-3		54,90	54,90	6,40
КР-1		450,00	450,00	288,71
КР-2		720,00	720,00	200,65
Годовые расходы на ТО и ремонтов на парк локомотивов	тыс. \$			
ТО-2		1473,00	1205,18	342,07
ТО-3		207,36	169,66	15,57
ТР-1		337,75	276,34	69,11
ТР-2		38,40	31,42	215,29
ТР-3		301,95	247,05	35,88
КР-1		1462,50	1196,59	404,20
КР-2		1584,00	1296,00	220,71
Всего на плановые ТО и ремонты		5404,96	4422,24	1302,8



Всего на плановые ТО и ремонты без учета экипировки	тыс. \$	5333,3	4365,5	1175,20
Внеплановый ремонт	тыс. \$	57	42,7	50,00
Итого:	тыс. \$	5390,3	4408,2	1225,2
Экономия годовых расходов на ТО и ремонт	тыс. \$	4165,1	4408,2	

Таблица 11 - Расчет расходов на текущее содержание пути и амортизацию верхнего строения пути

Вид ремонта	ВЛ10		ALSTOM
	I вариант	II вариант	
Годовой линейный пробег локомотивов в голове состава, млн. км	4,5	3,37	3,37
Масса локомотива, т	184	184	200
Расходная ставка, \$ /10ткм	0,0039	0,0039	0,0039
Расходы на текущее содержание пути и амортизацию верхнего строения пути, тыс. \$	645,8	483,7	525,7
Экономия расходов на текущее содержание пути и амортизацию верхнего строения пути, тыс. \$	120,1	-42	

В таблице 12 приведен расчет расходов на содержание административно-управленческого персонала.

Таблица 12 - Расчет расходов на содержание административно-управленческого персонала

Вид ремонта	ВЛ10		ALSTOM
	I вариант	II вариант	
Расходы на содержание АУП в расчете на 1 локомотив в год, \$	0	0	24161
Годовые расходы на содержание АУП, тыс.\$	0	0	410,737
Экономия годовых расходов на содержание АУП, тыс. \$	-410,737	-410,7	0,0



7. Расчет сопутствующих инвестиционных расходов при оценке стоимости жизненного цикла подвижного состава

Новый подвижной состав создается на базе технических решений и конструкторско-технологических разработок, и ее использование в перевозочной работе оказывает влияние не только на затраты и результаты работы локомотивного хозяйства, но и путевое, вагонное хозяйства и другие хозяйства железных дорог.

Поэтому при определении затрат жизненного цикла тягового подвижного состава кроме затрат на создание (приобретение) нового (модернизированного) локомотива необходимо учитывать инвестиции:

- создание ремонтной базы;
- разработку и оснащение депо технологическим, диагностическим оборудованием и средствами измерения;
- на обучение и подготовку кадров.

В состав единовременных затрат, связанных с внедрением в эксплуатацию нового подвижного состава и сложных технических систем, входят прямые инвестиционные затраты по приобретению, а также связанные с этим сопутствующие расходы единовременного характера, независимо от источников финансирования.

Прямые единовременные затраты в приобретение новых локомотивов определяются исходя из потребного парка локомотивов на объем перевозочной работы и цены единицы тягового подвижного состава.

Учет сопутствующих инвестиционных расходов необходимо осуществлять и при определении уровня лимитной цены новой железнодорожной техники в составе полезного эффекта, обеспечиваемого ее применением в эксплуатации за жизненный цикл.

При сравнении вариантов осуществления процесса перевозок новым и базовым локомотивами в составе единовременных затрат учитываются только те сопутствующие инвестиции, на которые внедрение нового локомотива оказывает существенное влияние.

В состав единовременных затрат входят стоимость единицы подвижного состава и сопутствующие капитальные вложения (инвестиции), которые необходимо осуществлять при внедрении ее в эксплуатацию.

К сопутствующим капитальным вложениям относятся следующие затраты.

1. Затраты на обучение ремонтного и обслуживающего персонала. Данные затраты включены в стоимость локомотива, предусмотрено контрактом.

2. Затраты 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 минимизированы.

Для осуществления технического обслуживания и ремонта локомотивов ALSTOM в типовых локомотивных депо имеется все необходимое оборудование, т.к. локомотивы обслуживаются в сервисных центрах компании ALSTOM на протяжении всего жизненного цикла. В депо производится монтаж и демонтаж неисправного оборудования. Расходы по сервисному обслуживанию, в том числе расходы на запасные части и экипировочные материалы, входят в стоимость производства ТО и ремонтов и учтены при расчете эксплуатационных расходов.



На локомотиве ALSTOM имеется бортовая диагностическая система, которая позволяет выявлять неисправности любого оборудования, поэтому дополнительных инвестиций на приобретение диагностического оборудования не требуется.

Парк локомотивов при применении локомотивов ALSTOM уменьшается, поэтому расширять имеющихся площади депо не требуется.

3. Весовые нормы поездов лежат в пределах существующих норм, следовательно **затраты на увеличение протяженности деповских станционных путей** равны нулю.

4. **Затраты на покупку дополнительных капитализированных запасных частей в равны 1800 тыс. \$.**

Для обеспечения высокого коэффициента готовности необходимо иметь оперативный запас запасных частей, и при этом необходимо предусмотреть затраты на покупку дополнительных капитализированных запчастей в объеме 1800 тыс. \$ в течение всего жизненного цикла. Расходы на запасные части, необходимые при ремонте и ТО, учтены в расходах на производство ТО и ремонтов.

5. В связи с уменьшением парка локомотивов при применении локомотивов ALSTOM **затраты на водо- и электроснабжение депо** будут ниже существующих, в расчете они не учитываются, т.к. не оказывают существенное влияние.

Таблица 13- Расчет сопутствующих инвестиционных расходов

Наименование показателя	Ед. измерения	Локомотив ALSTOM
Затраты на обучение ремонтного и обслуживающего персонала	тыс. \$ /год	0
Затраты на оборудование деповской и заводской ремонтной базы	тыс. \$ /год	0
Затраты на увеличение протяженности деповских станционных путей	тыс. \$ /год	0
Затраты на водо- и электроснабжение депо	тыс. \$ /год	0
Затраты на покупку дополнительных капитализированных запасных частей в расчете на парк локомотивов	тыс. \$ /год	1800
Общие единовременные сопутствующие инвестиционные расходы	тыс. \$ /год	1800

В таблице 14 приведены суммарные годовые расходы на весь парк локомотивов.

Таблица 14- Общие расходы на содержание парка локомотивов в год

Наименование показателя	Ед. измерения	Локомотив		
		ВЛ10		ALSTOM
		I вариант	II вариант	
Годовые расходы на электроэнергию на парк локомотивов	тыс. \$ /год	10848,2	11459,3	5750,3
Годовые расходы на оплату труда локомотивных бригад на парк локомотивов		1701,84	1276,38	803,64
Годовые расходы на экипировку на парк локомотивов		71,7	58,7	127,6
Годовые расходы на ТО и ремонт за исключением экипировки на парк локомотивов		5390,3	4408,2	1225,2
Годовые расходы на текущее содержание пути и амортизацию верхнего строения пути в год на парк локомотивов		645,8	483,7	525,7
Годовые расходы на содержание АУП на парк локомотивов		0	0	410,7
Суммарные годовые расходы		18657,8	17686,28	8843,14
Единовременные сопутствующие инвестиционные расходы		0	0	1800
Покупка парка локомотивов		0	0	94010

8. Расчет стоимости жизненного цикла

Оценка стоимости жизненного цикла выполняется применительно к единице тягового подвижного состава, используя данные как поставщика, так и потребителя о затратах, не зависящих от поставщика.

При применении показателя стоимости жизненного цикла для сравнения различных типов локомотивов в целях сопоставимости результатов расчетов технико-экономические и эксплуатационные показатели должны быть рассчитаны для одинаковых условий использования.

Стоимость жизненного цикла определяется по формуле:

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

где C_{np} - цена приобретения объекта (первоначальная стоимость), тыс. \$;
 I_t - годовые эксплуатационные расходы, тыс. \$;
 ΔK_t - сопутствующие единовременные затраты, связанные с внедрением техники в эксплуатацию, тыс. \$;
 L_t - ликвидационная стоимость объекта, тыс. \$;
 α_t - коэффициент дисконтирования;
 t - текущий год эксплуатации;
 T - конечный год эксплуатации, который устанавливается в соответствии с техническими требованиями или иной документацией.

Расчет СЖЦ осуществляется как с учетом фактора времени (дисконтирования) приведен в таблицах 15-16.

Поскольку СЖЦ рассчитывается за определенный временной период, учитываются различные аспекты фактора времени: несопоставимость во времени одних и тех же затрат; инфляция; неопределенность и риск.

Учет фактора времени производится путем приведения стоимостных показателей к ценности начального периода, то есть путем дисконтирования.

Дисконтирование осуществляется посредством введения в расчеты коэффициента дисконтирования α_t .

Коэффициент дисконтирования для постоянной нормы дисконта определяется из выражения:

$$\alpha_t = (1 + E)^{-t} = 1/(1 + E)^t$$

где t - шаг расчетного периода ($t = 0, 1, 2, \dots, T$);
 T - горизонт расчета (продолжительность жизненного цикла);
 $E = 0,1$ - норма дисконта (задана Заказчиком).

Таблица 15 – Расчет стоимости жизненного цикла одного локомотива (тыс. \$)

№ п/п	Наименование параметра	Локомотив		
		ВЛ10		ALSTOM
		I вариант	II вариант	
1	Общие годовые эксплуатационные расходы на 1 локомотивов	518,3	655,0	520,2
2	Единовременные сопутствующие инвестиционные расходы на 1 локомотив	0,0	0,0	105,9
3	Цена 1 локомотива	3150,0	3150,0	5530,0
4	Дисконтированные расходы	4959,58	6268,43	5192,79
5	Стоимость жизненного цикла	8109,58	9418,43	10722,79
6	Дисконтированные расходы без учета расходов на амортизацию	4787,92	6097,00	4890,39



7	Экономия СЖЦ	-102,48	1312,49	
---	--------------	---------	---------	--

Таблица 16 – Расчет стоимости жизненного цикла парка локомотивов (тыс. \$)

№ п/п	Наименование параметра	Локомотив		
		ВЛ10		ALSTOM
		I вариант	II вариант	
	Потребный парк локомотивов	36	27	17
1	Общие годовые эксплуатационные расходы на парк локомотивов	18657,8	17686,28	8843,14
2	Единовременные сопутствующие инвестиционные расходы на парк локомотивов	0,0	0,0	1800
3	Цена парка локомотивов	113400	85050	94010
4	Дисконтированные расходы на парк локомотивов	178544,94	169247,66	95810,00
5	Стоимость жизненного цикла всего парка локомотивов	291944,94	254297,66	182287,51
6	Дисконтированные расходы без учета расходов на амортизацию на парк локомотивов	172365,00	164618,93	81442,55
7	Экономия СЖЦ на парк локомотивов	90922,45	83282,26	

Результаты расчета дисконтированных расходов приведены на рисунках 2-5.

Как видно из таблицы 15 стоимость жизненного цикла локомотива ALSTOM больше по сравнению с локомотивом ВЛ10. Это объясняется более высокой закупочной ценой и длительным (40 лет) сроком эксплуатации.

Как видно из таблицы 16, при расчете стоимости жизненного цикла на весь парк локомотивов стоимость жизненного цикла локомотивов ALSTOM в два раза ниже по сравнению с локомотивами ВЛ10 для обоих вариантов.

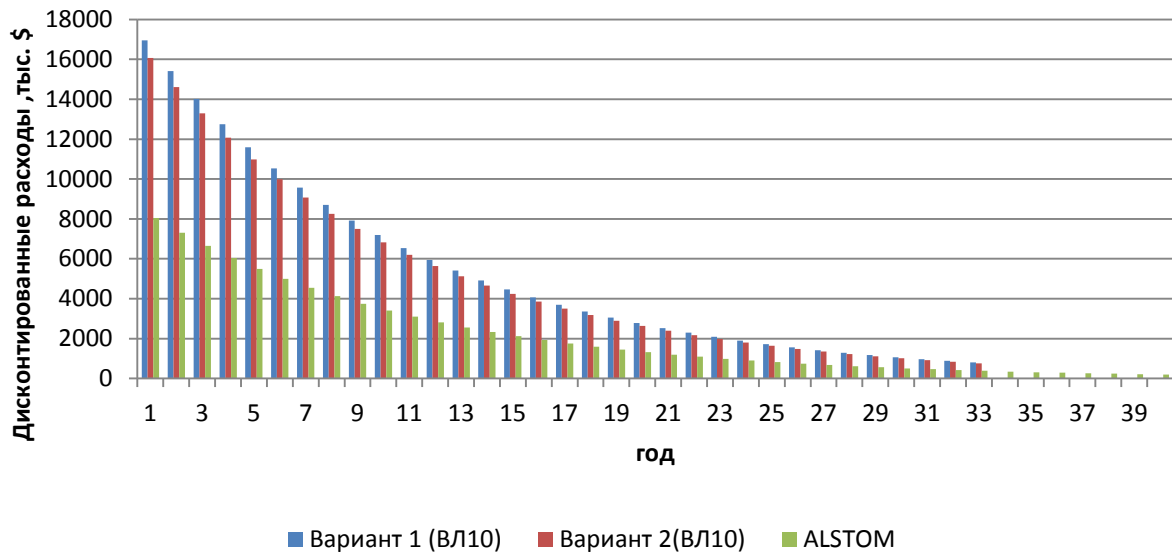


Рисунок 2 - Расчет дисконтированных расходов на 1 локомотив

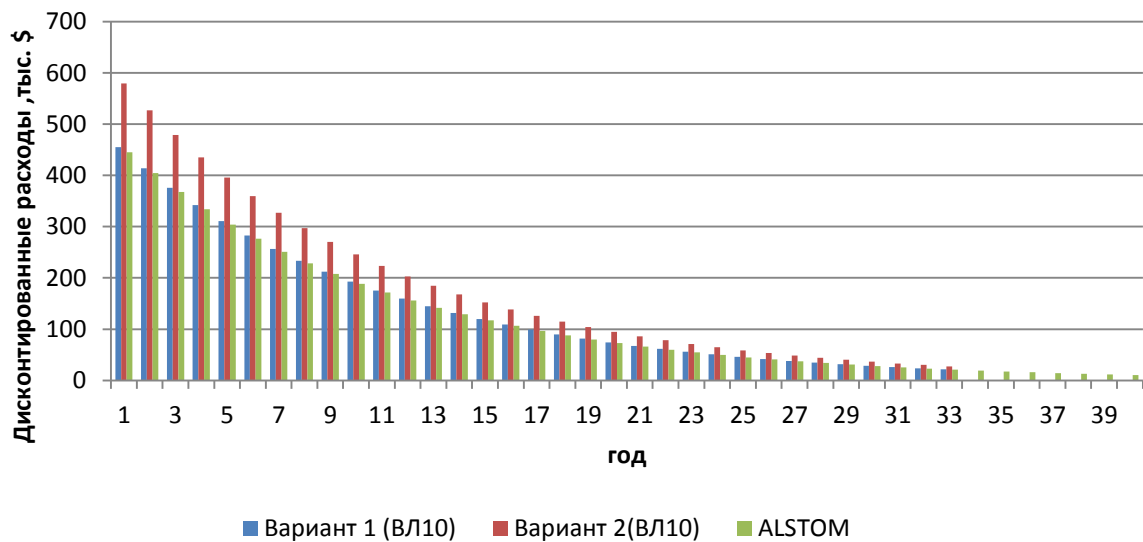


Рисунок 3 - Расчет дисконтированных расходов без учета расходов на амортизацию на 1 ЛОКОМОТИВ

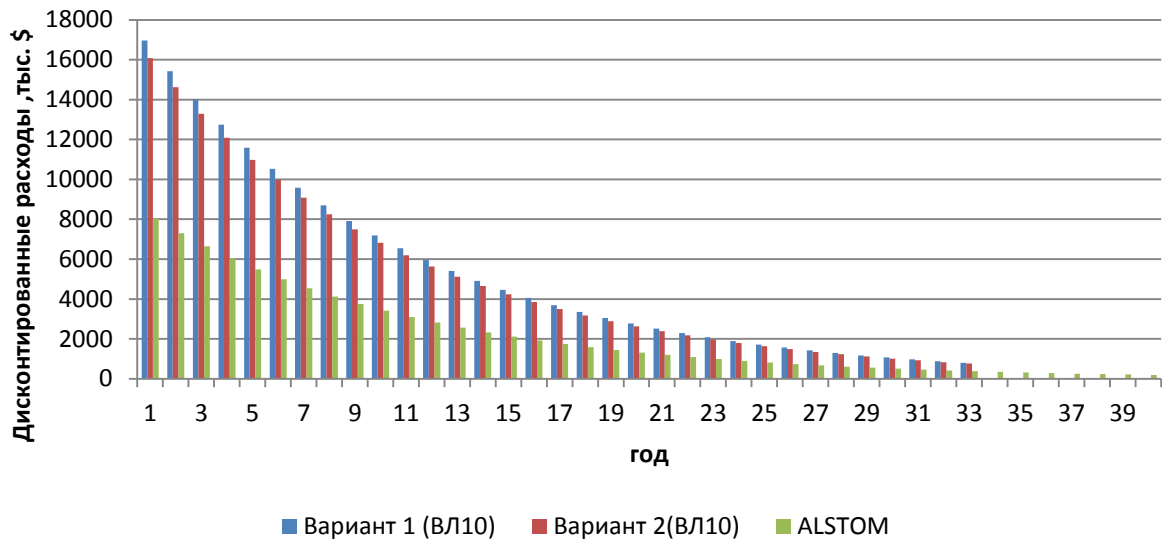
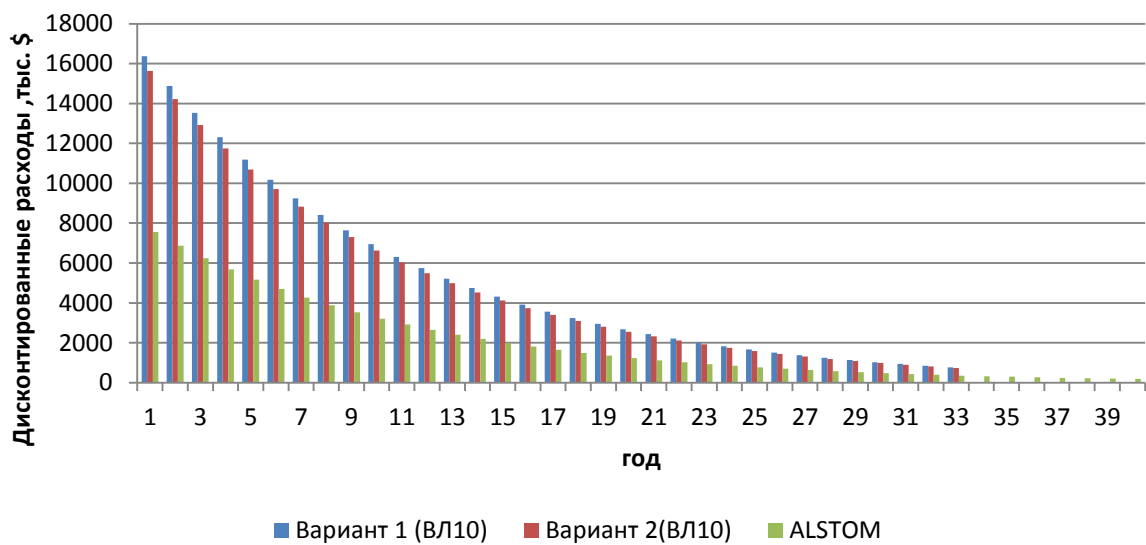


Рисунок 4 - Расчет дисконтированных расходов на парк локомотивов





30 Декабря 2016 г.

Рисунок 5 - Расчет дисконтированных расходов без учета расходов на амортизацию на парк локомотивов

9. Расчет полезного эффекта

Полезный эффект (\mathcal{E}_Π) нового локомотива при эксплуатации представляет стоимостную оценку изменения их 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:

$$\mathcal{E}_\Pi = C_6 \cdot (K_\Pi \cdot K_d - 1) + \Delta LCC + \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_\kappa + \mathcal{E}_\gamma$$

где C_6 - цена единицы базового подвижного состава;

K_Π - коэффициент учета роста производительности нового локомотива по сравнению с базовой;

K_d - коэффициент учета изменения срока службы нового локомотива по сравнению с базовой моделью.

Коэффициент учета роста производительности нового локомотива рассчитывается как отношение потребных парков базового и нового локомотива при выполнении одинаковой перевозочной работы. При этом учитываются показатели надежности новой и базовой техники.

Вариант I

$$K_\Pi = M_{и2} / M_{и1} = 17 / 36 = 0,472,$$

Вариант II

$$K_\Pi = M_{и2} / M_{и1} = 17 / 27 = 0,696,$$

где $M_{и1}$, $M_{и2}$ - потребный парк базового и нового локомотива при выполнении одинаковой перевозочной работы.

Коэффициент учета изменения срока службы нового локомотива по сравнению с базовой моделью:

$$K_d = \frac{1/T_1 + E}{1/T_2 + E} = \frac{1/33 + 0,1}{1/40 + 0,1} = 1,042$$

где T_1 , T_2 - срока службы базового и нового локомотива при выполнении одинаковой перевозочной работы;

E – норма дисконта;

$$\Delta LCC' = LCC'_o - LCC'_n$$

где $\Delta LCC'$ - 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;

$\Delta K = 0$ - эффект от изменения качества перевозок. Могут учитываться такие факторы, как скорость доставки грузов, степень их сохранности, надежность технических средств, безопасность перевозок;

$\Delta S = 0$ - социальный эффект. Социальными результатами осуществления проекта являются улучшение условий труда работников локомотивных и ремонтных бригад и улучшение состояния их здоровья;

$\Delta E = 0$ - 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,

Полезный эффект определяется по формуле:

$$\Delta E = C_o \cdot (K_n \cdot K_d - 1) + \Delta LCC'$$

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 на основе расчета прогнозной величины полезного эффекта и определяет тот предельный уровень стоимости новой техники, при котором потребителю обеспечивается минимальный полезный эффект по сравнению с заменяемой техникой или аналогом.

Лимитная (предельная) цена определяется по формуле:

$$C_{л} = C_b \cdot K_m + \Delta E \cdot K_3$$

где $C_{л}$ - лимитная цена нового (модернизированного) технического средства;

C_b - цена базовой техники с учетом изменения производительности;

$K_m = 0,9$ - коэффициент, учитывающий моральный износ базовой техники,

ΔE - полезный эффект от применения нового (модернизированного) технического средства;

$K_3 = 0,7$ - коэффициент учета полезного эффекта в цене нового локомотива.

Коэффициент K_3 дифференцируется в зависимости от новизны, значения и особенностей производства и применения новой машины.

Коэффициент K_3 , должен учитывать 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.

Результаты расчета полезного эффекта и лимитной стоимости локомотива приведены в таблицах 17-18.

Таблица 17 - Полезный эффект и лимитная стоимость 1 локомотива

№ п/п	Наименование параметра	Единица измерения	I вариант	II вариант
1	Цена базового локомотива	тыс. \$ /год	3150	3150
2	Экономия СЖЦ	тыс. \$ /год	-102,48	1312,49
3	Коэффициент учета роста производительности		0,472	0,629
4	Коэффициент учета изменения срока службы		1,042	1,042
5	Коэффициент, учитывающий моральный износ базовой техники		0,9	0,9
6	Коэффициент учета полезного эффекта в цене нового локомотива		0,7	0,7
7	Полезный эффект от 1 локомотива	тыс. \$ /год	-1706,20	223,09
8	Лимитная стоимость 1 локомотива	тыс. \$ /год	1640,66	2991,16

Таблица 18 - Полезный эффект и лимитная стоимость парка локомотивов

№ п/п	Наименование параметра	Единица измерения	I вариант	II вариант
1	Цена парка локомотивов	тыс. \$ /год	113400	85050
2	Экономия СЖЦ	тыс. \$ /год	90922,45	83282,26
3	Коэффициент учета роста производительности		0,472	0,629



4	Коэффициент учета изменения срока службы		1,042	1,042
5	Коэффициент, учитывающий моральный износ базовой техники		0,9	0,9
6	Коэффициент учета полезного эффекта в цене нового локомотива		0,7	0,7
7	Полезный эффект от парка локомотивов	тыс. \$ /год	89318,72	82192,86
8	Лимитная стоимость парка локомотивов	тыс. \$ /год	65358,10	60370,00

Следует отметить, что при использовании электровоза ALSTOM на участке Батуми-Гардебани с весовыми нормами 3000 и 3500 т и ниже является малоэффективным, т.к. при таких условиях полная мощность локомотива не используется.

Экономически целесообразно поднять весовую норму поездов, тогда полезный эффект от использования электровоза будет более значительным.

10. Оценка инвестиционного проекта замены парка локомотивов ВЛ10 Грузинской железной дороги на электровозы производства ALSTOM Transport

К показателям общей эффективности инвестиций относятся чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, срок окупаемости инвестиций.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) или интегральный эффект определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами.

Величина ЧДД при постоянной норме дисконта определяется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1+E)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{\Theta_t}{(1+E)^t}$$

где R_t - результаты, достигаемые на t-ом шаге расчета (доходы);

Z_t - затраты (текущие издержки и инвестиции), осуществляемые на том же шаге;

T - горизонт расчета;

$\Theta_t = (R_t - Z_t)$ - эффект, достигаемый на t-ом шаге.

Срок окупаемости инвестиций (T_0) - это период времени от начала реализации проекта, за пределами которого интегральный эффект становится неотрицательным, Для определения срока окупаемости используется равенство:

$$\sum_{t=0}^{T_0} \frac{R_t - Z_t}{(1-E)^t} = \sum_{t=0}^{T_0} \frac{K_t}{(1+E)^t}$$

где K_t - капиталовложения на t - ом шаге.

Внутренняя норма доходности (IRR) – коэффициент, показывающий максимально допустимый риск по инвестиционному проекту или минимальный приемлемый уровень

доходности, Внутренняя норма доходности равна ставке дисконтирования, при которой чистый дисконтированный доход отсутствует, то есть равен нулю.

Внутренняя норма доходности формула расчета

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} - IC ;$$

где CF_t – денежный поток в период времени t ;

IC – инвестиционные затраты на проект в первоначальном периоде (тоже являются денежным потоком $CF_0 = IC$),

t – период времени.

Расчет экономического эффекта при замене локомотивного парка Грузинской железной дороги на новые электровагоны производства ALSTOM Transport выполнен методом сравнения затрат на приобретение и эксплуатацию электровагонов производства ALSTOM Transport по сравнению с затратами по обновлению и содержанию существующего парка электровагонов.

Расчет срока службы, чистого дисконтированного дохода и внутренней нормы доходности приведены на рисунках 6-7.

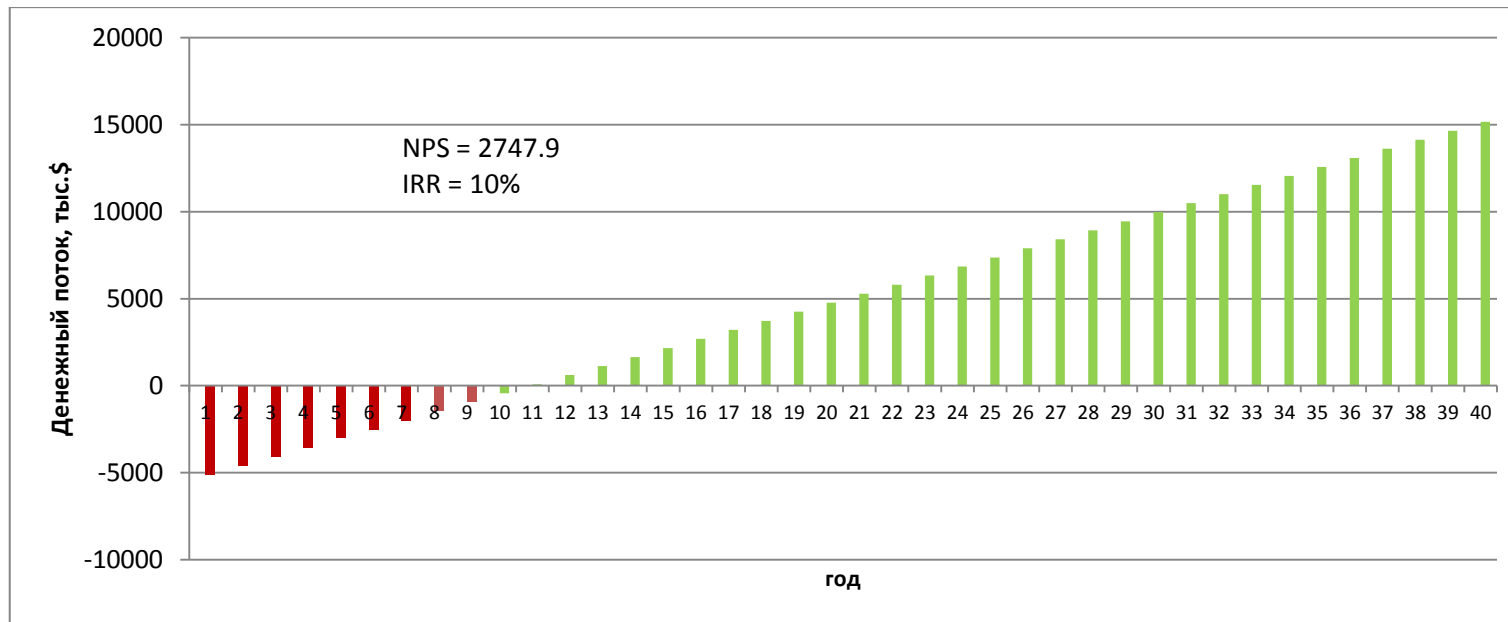


Рисунок 6 - Расчет срока службы, чистого дисконтированного дохода и внутренней доли доходности в расчете на 1 локомотив для Варианта I

34/37

30 Декабря 2016 г.

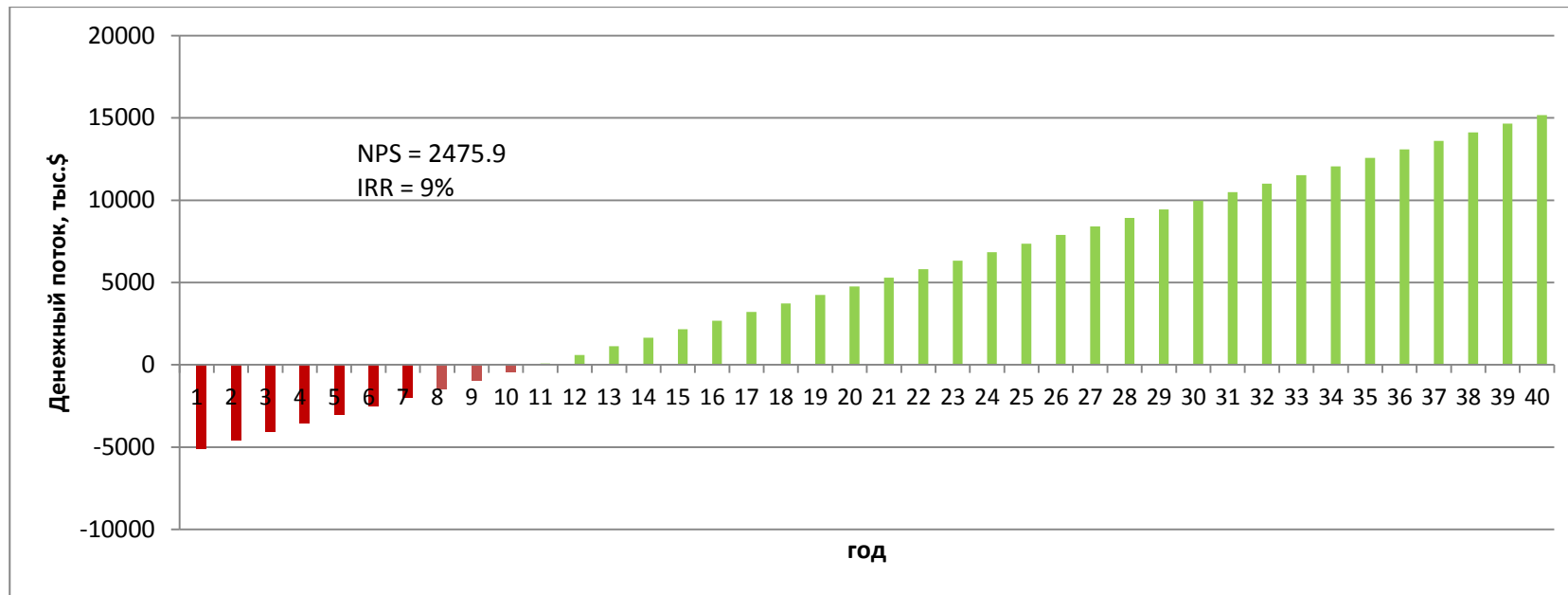


Рисунок 7 - Расчет срока службы, чистого дисконтированного дохода и внутренней доли доходности в расчете на 1 локомотив для Варианта II

35/37

30 Декабря 2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчет технико-экономического обоснования при замене парка электровозов ВЛ10 на электровозы ALSTOM для Грузинской железной дороги был произведен согласно Методике определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта.

В основы ТЭО были положены тяговые расчеты, выполненные на участке Батуми-Гардабани в четном и нечетном направлении.

При расчете эффективности замены парка электровозов ВЛ10 на электровозы ALSTOM было установлено, что для обоих вариантов отмечается улучшение показателей использования локомотивов при применении электровозов ALSTOM.

Для I варианта:

- потребный парк поездных локомотивов с учетом кратности тяги уменьшается на 57 % (таблица 4);
- участковая скорость увеличивается на 11% (таблица 4);
- расход электроэнергии снижается на 47 % (таблица 4);
- среднесуточный пробег локомотива увеличивается на 9 % (таблица 4);
- годовая производительность возрастает на 53% (таблица 4);
- годовые эксплуатационные расходы снижаются в 2,1 раза (таблица 14);
- срок окупаемости - 9 лет (рисунок 6);
- чистый дисконтированный доход – 2747, 9 тыс. \$ в расчете на 1 электровоз (рисунок 6);
- чистый дисконтированный доход – 46,71 млн. \$ в расчете на 17 электровозов (рисунок 6);
- норма внутренней доходности – 10% (рисунок 6).

Для II варианта

- потребный парк поездных локомотивов с учетом кратности тяги уменьшается на 43 % (таблица 4);
- участковая скорость увеличивается на 14 % (таблица 4);
- расход электроэнергии снижается на 50 % (таблица 4);
- среднесуточный пробег локомотива увеличивается на 10 % (таблица 4);
- годовая производительность возрастает на 37 % (таблица 4);
- годовые эксплуатационные расходы снижаются в 2 раза (таблица 14);
- срок окупаемости - 10 лет (рисунок 7);
- чистый дисконтированный доход – 2475, 9 тыс. \$ в расчете на 1 электровоз (рисунок 7);
- чистый дисконтированный доход – 42,1 млн. \$ в расчете на 17 электровозов (рисунок 7);
- норма внутренней доходности – 9 % (рисунок 7).

Следует отметить, что использование электровозов ALSTOM на участке Гардабани-Батуми с установленными весовыми нормами (3000 т и 3500 т) крайне не эффективно. Локомотив использует только 50% от своей мощности.

Этот факт отразился на величине полезного эффекта и лимитной стоимости локомотива. При повышении весовых норм полезный эффект и лимитная стоимость будут определены более корректно.

В связи с тем, что Грузинская железная дорога планирует повышение масс грузовых поездов, применение электровозов ALSTOM на участке Батуми-Гардабани экономически целесообразно.

Список использованных источников

1. Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта, утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» от 27,122007 г, № 2459р;
2. Правила тяговых расчетов для поездной работы, Москва: Транспорт, 1985 г.;
3. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте, утвержденные МПС РФ 31,08,1998 г., № В-1024у;
4. Технического задания на «Электровоз магистральный постоянного тока грузовой для Грузии, Технические требования»



30 Декабря 2016 г.