



Модернизация тягового агрегата ОПЭ-1АМ

Ситуация

- ❑ Тяговый агрегат ОПЭ-1АМ был разработан в начале 70-х годов XX века на Днепропетровском электровозостроительном заводе. С момента разработки прошло более 40 лет, за это время никаких существенных изменений не вносилось.
- ❑ Существующая ситуация на рынке требует от производителя концентрата снижение себестоимости, в том числе за счет применения энергоэффективных технологий.

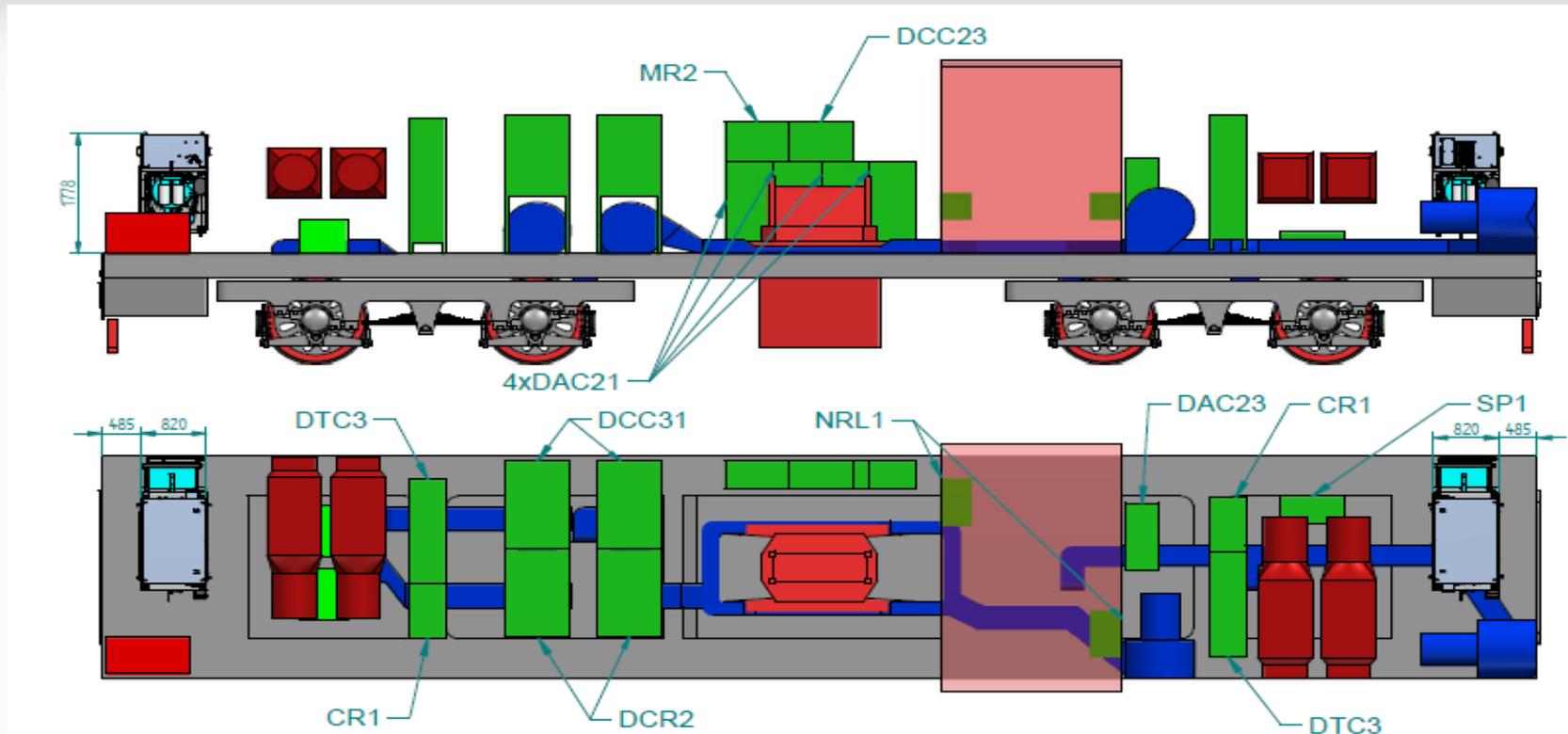
Решение

- ❑ Заменить всю электрическую часть электровоза управления на силовую преобразовательную электронику с микропроцессорным управлением

Преимущества

- ❑ Модернизированный тяговый агрегат ОПЭ-1АМ позволит:
 - снизить потребление электроэнергии более чем на 20% за счет:
 - использования пластинчатых компрессоров с эл.приводом мощностью 32кВт вместо существующего компрессора КТ-6 с эл.приводом мощностью 50кВт;
 - замены приводов вентиляторов обдува тяговых эл.двигателей с 50кВт на 32кВт с использованием частотного регулирования;
 - использование электроэнергии на собственные нужды, вырабатываемой во время электродинамического торможения;
 - применить рекуперацию (дополнительная экономия э/э $\approx 8\%$);
 - увеличить срок ходимости тяговых эл.двигателей;
 - уменьшить среднегодовые затраты на обслуживание компрессоров и приобретение тормозных колодок
 - уменьшить годовые простои тягового агрегата;
 - значительно улучшить условия труда машинистов;
 - повысить безопасность движения.

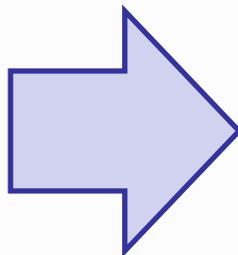
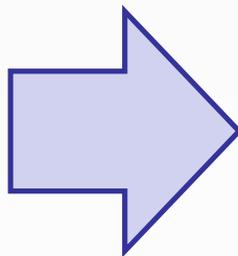
Расположение нового оборудования



- MR2 – Преобразователь создания питания от аккумуляторных батарей только тяговых двигателей электровоза управления для режима маневров
- DCC23 – Статический преобразователь напряжения для заряда аккумуляторных батарей и питания бортовой сети (50 В) тягового агрегата
- DAC21 – Инвертор питания и управления привода вентилятора
- DTC3 – Тяговый преобразователь двигателей одной тележки (поосевое регулирование тяги)
- DCC31 – Источник питания собственных нужд 600В

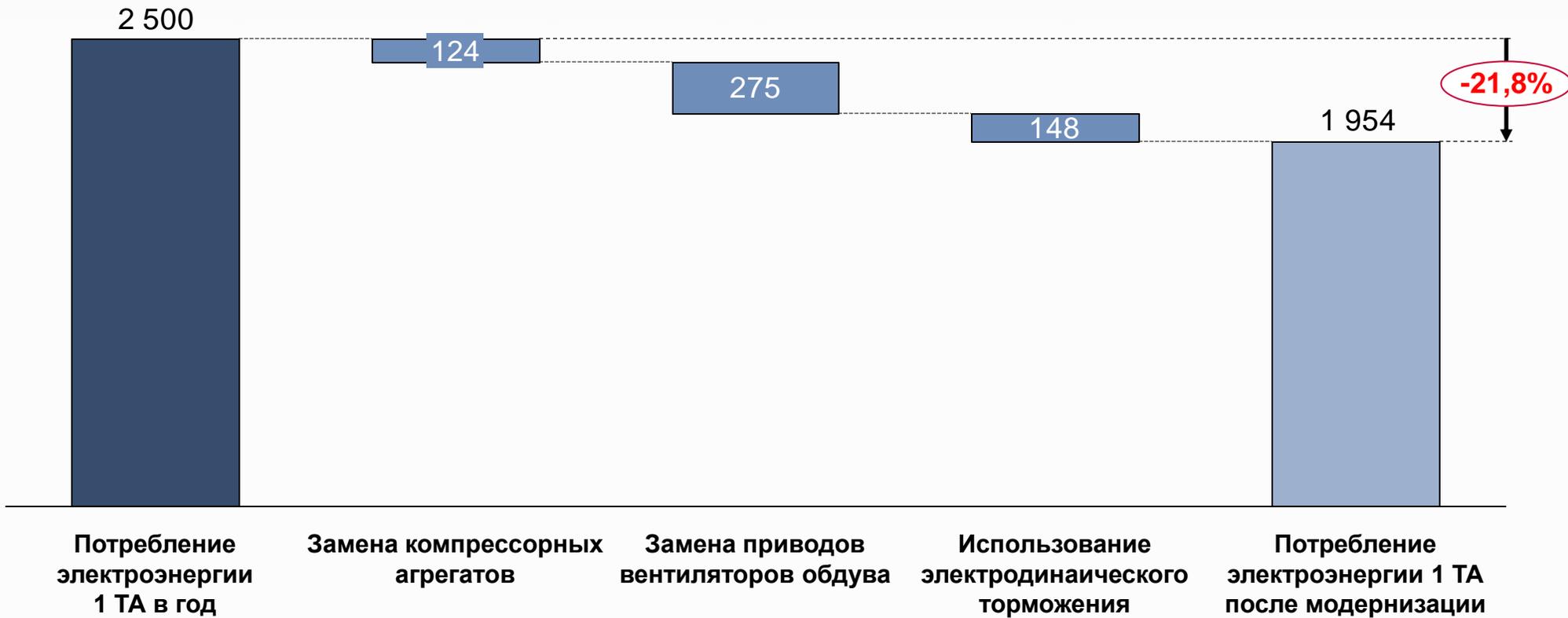
- NRL1 – Микропроцессорная система управления тяговым агрегатом
- DAC23 – Инвертор питания и управления кондиционером кабины, печами отопления и создания в кабине напряжения 220В-50Гц
- CR1 – Преобразователь тормозных сопротивлений (регулирование напряжения на входных конденсаторах – входной фильтр)
- SP1 – Преобразователь создания питания цепи собственных нужд 600 В в ремонтном цехе (депо) от внешнего источника 3x380 В
- DCR2 – Тяговый выпрямитель-стабилизатор

Как проводится модернизация



Экономия электроэнергии (без учета рекуперации)

Снижение потребления электроэнергии тяговым агрегатом,
тыс.кВтч/год



Замена компрессоров КТ-6 на пластинчатые компрессора Hydrovane HV 30 с преобразователем питания и системой управления компрессором DAC 26

1. Технические характеристики



№ п/п	Наименование показателя	ед.изм.	КТ-6	AK02
1	Допускаемая температура окружающей среды	°С	-50 / +65	-50 / +65
2	Масса агрегата в сборе (с приводом)	кг.	1630	1050
3	Срок службы до КР	моточас	20 000	90 000
4	Степень защиты		-	IP 55
5	Давление воздуха абсолютное, номинальное	МПа	0,79...0,9	1
6	Объемная производительность, приведенная к начальным условиям, при номинальном давлении сжатого воздуха	м ³ /мин	2,75...5,3	4,66±0,2
7	Номинальная потребляемая мощность агрегатом	кВт	50	32
8	Тип компрессора		поршневой	роторный, пластинчатый
9	Марка компрессора		КТ-6	Hydrovane HV 30
10	Номинальная частота вращения ведущего ротора компрессора	об/мин	850	1450
11	Тип привода компрессора		прямой	прямой
12	Электродвигатель привода компрессора		ДТ-53	асинхронный Siemens 1LG-4207-4AA66
13	Система управления		автоматическая (при помощи регулятора давления)	DAC 26
14	Масло, применяемое для заправки компрессорного агрегата		КС-19	TEXACO CETUZ PAO 68
15	Класс вязкости масла		ISO-3448	ISO VG 68
16	Кинетическая вязкость масла при 40°С	мм ² /с	18-22 (при 100°С)	63
17	Количество масла, заливаемого в компрессор	л	10-12	23

Замена компрессоров КТ-6 на пластинчатые компрессора Hydrovane HV 30 с преобразователем питания и системой управления компрессором DAC 26

2. Расчет экономического эффекта



№ п/п	Наименование показателя	ед.изм.	КТ-6	AK02
1	Годовой фонд времени	ч	8760	8760
2	КИО тягового агрегата	%	75%	75%
3	Количество агрегатов компрессорных на ТА	ед.	2	2
4	КИО 1-го агрегата компрессорного	%	30%	30%
5	КИО 2-го агрегата компрессорного	%	30%	5%
6	Потребляемая мощность агрегатом компрессорным	кВтч	50	32
7	Потребляемая мощность агрегатами компрессорными за год	тыс.кВтч/год	197,1	73,6
8	Экономия электроэнергии за год	тыс.кВтч/год		123,5
9	Стоимость электроэнергии	дол./кВтч	0,094	0,094
10	Прибыль от снижения потребления электроэнергии	тыс.дол./год		11,61
11	Годовые затраты на ТМЦ для обслуживания агрегата компрессорного	тыс.дол./год	7,75	1,8
12	Годовые затраты на услуги для обслуживания агрегата компрессорного	тыс.дол./год	6,19	
13	Прибыль от снижения затрат на обслуживание агрегатов компрессорных	тыс.дол./год		24,28
14	Прибыль от замены агрегатов компрессорных КТ-6	тыс.дол./год		35,89

Замена приводов вентиляторов обдува с применением частотного регулирования

№ п/п	Наименование показателя	ед.изм.	ДО	ПОСЛЕ
1	Годовой фонд времени	ч	8760	8760
2	КИО тягового агрегата	%	75%	75%
3	Количество приводов вентиляторов обдува на ТА	ед.	8	8
4	КИО приводов вентиляторов обдува	%	29%	100%
5	Коэффициент использования мощности		70%	20%
6	Потребляемая мощность привода вентилятора обдува	кВтч	55	30
7	Потребляемая мощность приводами вентиляторов обдува за год	тыс.кВтч/год	590,2	315,4
8	Экономия электроэнергии за год	тыс.кВтч/год		274,8
9	Стоимость электроэнергии	дол./кВтч	0,094	0,094
10	Прибыль от снижения потребления электроэнергии	тыс.дол./год		25,83



- Вентилятор обдува 2-х тяговых двигателей, ВПБ и силового трансформатора

Использование электродинамического торможения

№ п/п	Наименование показателя	ед.изм.	показатель
1	Годовой фонд времени	ч	8760
2	КИО тягового агрегата	%	75%
3	Потребление электроэнергии на собственные нужды	кВтч	75
4	Потребление электроэнергии на собственные нужды за год	тыс.кВтч/год	492,75
5	Возможность использования электродинамического торможения	%	30%
6	Экономия электроэнергии за год	тыс.кВтч/год	147,8
7	Стоимость электроэнергии	дол./кВтч	0,094
8	Прибыль от снижения потребления электроэнергии	тыс.дол./год	13,89

При использовании электродинамического торможения тяговый агрегат потребляет на собственные нужды часть вырабатываемой энергии, остальная энергия гасится на резисторах или может отдаваться в контактную сеть при рекуперации.

Исходные данные для расчета экономического эффекта от модернизации тягового агрегата ОПЭ1АМ без рекуперации

№ п/п	Наименование показателя	Показатель	Ед. изм.
Общие данные			
1	Количество локомотивов	1	ед.
2	Цена электроэнергии	93,89	дол. за тыс. кВт
3	Начало внедрения	2014	год
4	Расчетный период	10	лет
5	Индекс инфляции (пром товары)	6%	%
6	Коэф. дисконтирования	15%	%
7	Среднестатистическая стоимость часа простоя тягового агрегат на ГОКе	0,11	тыс. дол.
8	Стоимость композиционной тормозной колодки за ед.	6,50	дол.
Капитальный ремонт без модернизации			
1	Периодичность выполнения КР1 тягового агрегата	6	лет
2	Стоимость ремонта/замены оборудования при КР1 тягового агрегата, изымаемого при проведении модернизации	339,5	тыс. дол.
3	Среднегодовые затраты на обслуживание компрессора КТ6	13,9	тыс. дол.
4	Среднегодовые затраты на приобретение тормозных колодок	6,8	тыс. дол.
5	Потребление электроэнергии ТА в год	2 500,00	тыс.кВт
6	Годовые простои тягового агрегата на ТО3 и ТР1-ТР2	316,00	часов
7	Годовые простои тягового агрегата на ТО3 и ТР1-ТР3	424,00	часов
Капитальный ремонт с проведением модернизации (без рекуперации)			
1	Увеличение стоимости КР при проведении модернизации (без рекуперации)	237,5	тыс. дол.
2	Среднегодовые затраты на обслуживание компрессорной системы АК02	1,8	тыс. дол.
3	Среднегодовые затраты на приобретение тормозных колодок	1,4	тыс. дол.
4	Потребление электроэнергии ТА после проведения модернизации	1954,0	тыс. кВт
5	Годовые простои тягового агрегата на ТО3 и ТР1-ТР2	142,2	часов

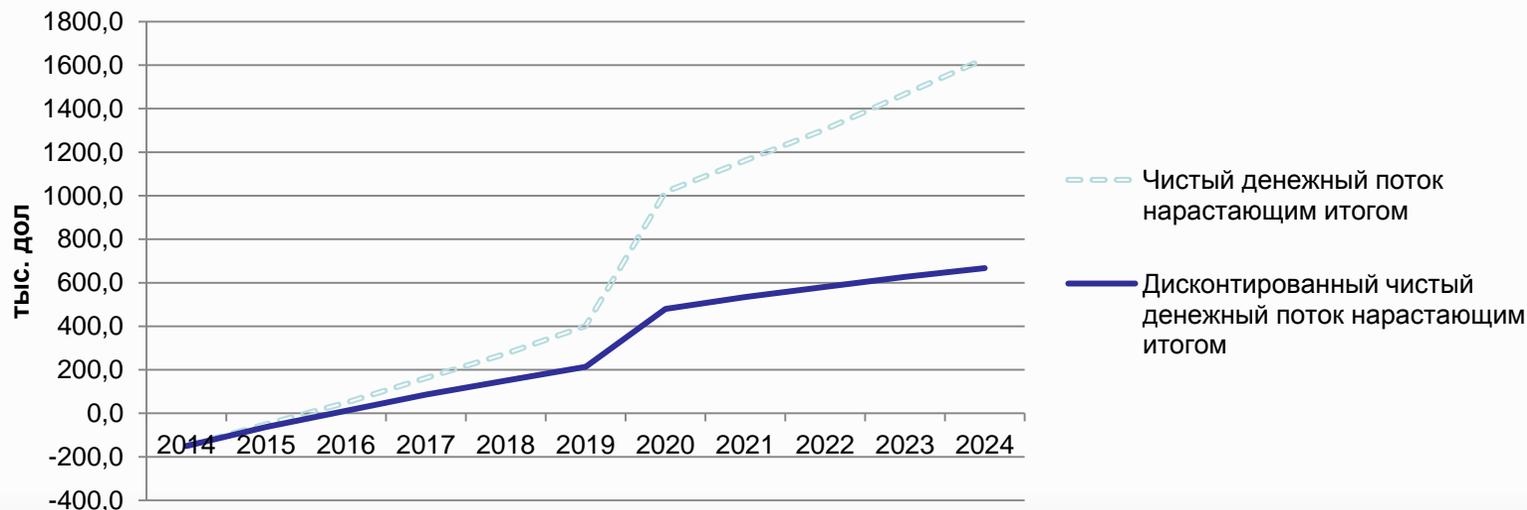
Расчет экономических показателей проекта модернизации (без проведения рекуперации)

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Численное выражение										
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	Период времени	год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2	График проведения модернизации		1										
3	Макроэкономические показатели												
3.1.	Индекс инфляции	%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
3.2.	Индекс инфляции, приведенный к начальному периоду	%	100%	106%	113%	120%	128%	136%	144%	153%	163%	173%	184%
4	Денежные потоки - затраты при капитальном ремонте без модернизации	тыс.\$	289,6	320,2	327,2	361,8	369,7	408,8	907,6	462,0	472,1	522,0	533,4
	Стоимость ремонта/замены оборудования, изымаемого при проведении модернизации	тыс.\$							489,8				
4.1.		тыс.\$							489,8				
4.2.	Обслуживание компрессора КТ6	тыс.\$	13,9	14,8	15,7	16,7	17,8	18,9	20,1	21,4	22,7	24,2	25,7
4.3.	Затраты на тормозные колодки	тыс.\$	6,8	7,2	7,7	8,2	8,7	9,2	9,8	10,4	11,1	11,8	12,5
4.4.	Потребление электроэнергии тяговым агрегатом без модернизации	тыс.\$	234,7	249,5	265,2	281,9	299,7	318,6	338,6	360,0	382,7	406,8	432,4
4.5.	Потери производства от простоев тягового агрегата на ТОЗ и ТР	тыс.\$	34,1	48,6	38,5	55,0	43,5	62,1	49,2	70,2	55,6	79,3	62,8
5	Денежные потоки - затраты при капитальном ремонте с модернизацией (без рекуперации)	тыс.\$	439,5	220,3	228,2	248,9	257,9	281,2	291,4	317,8	329,3	359,1	372,1
	Увеличение стоимости при проведении ремонта с модернизацией	тыс.\$	237,5										
5.1.		тыс.\$	237,5										
5.2.	Обслуживание компрессорного агрегата АК02	тыс.\$	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	2,9	3,1	3,3
5.3.	Затраты на тормозные колодки	тыс.\$	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5
5.4.	Потребление электроэнергии тягового агрегата после модернизации (без рекуперации)	тыс.\$	183,5	195,0	207,3	220,4	234,2	249,0	264,7	281,4	299,1	317,9	338,0
5.5.	Потери производства от простоев тягового агрегата на ТОЗ и ТР	тыс.\$	15,3	21,9	17,3	24,7	19,6	27,9	22,1	31,6	25,0	35,7	28,3
6	Чистый денежный поток	тыс.\$	-149,9	99,9	99,0	112,9	111,9	127,6	616,2	144,2	142,8	162,9	161,4
7	Чистый денежный поток нарастающим итогом	тыс.\$	-149,9	-50,0	49,0	162,0	273,8	401,4	1017,6	1161,8	1304,6	1467,5	1628,9
8	Дисконтированный чистый денежный поток	тыс.\$	-149,9	86,9	74,8	74,2	64,0	63,4	266,4	54,2	46,7	46,3	39,9
9	Дисконтированный чистый денежный поток нарастающим итогом	тыс.\$	-149,9	-63,0	11,9	86,1	150,1	213,5	479,9	534,1	580,8	627,1	667,0
10	Чистая приведенная стоимость проекта	тыс.\$	667,0										
11	Срок окупаемости	лет	2										
12	Дисконтированный срок окупаемости	лет	2										

Финансовые показатели и график окупаемости проекта модернизации без рекуперации

Наименование	Показатель
Чистый денежный поток за 10 лет (суммарная прибыль)	1 628 тыс.дол.
Чистая приведенная стоимость проекта	667 тыс.дол.
Дисконтированный срок окупаемости	2 года.
Не дисконтированный срок окупаемости	2 года.

График окупаемости проекта



Исходные данные для расчета экономического эффекта от модернизации тягового агрегата ОПЭ1АМ с рекуперацией

№ п/п	Наименование показателя	Показатель	Ед. изм.
Общие данные			
1	Количество локомотивов	1	ед.
2	Цена электроэнергии	93,89	дол. за тыс. кВт
3	Начало внедрения	2014	год
4	Расчетный период	10	лет
5	Индекс инфляции (пром товары)	6%	%
6	Коэф. дисконтирования	15%	%
7	Среднестатистическая стоимость часа простоя тягового агрегат на ГОКе	0,11	тыс. дол.
8	Стоимость композиционной тормозной колодки за ед.	6,50	дол.
Капитальный ремонт без модернизации			
1	Периодичность выполнения КР1 тягового агрегата	6	лет
2	Стоимость ремонта/замены оборудования при КР1 тягового агрегата, изымаемого при проведении модернизации	339,5	тыс. дол.
3	Среднегодовые затраты на обслуживание компрессора КТ6	13,9	тыс. дол.
4	Среднегодовые затраты на приобретение тормозных колодок	6,8	тыс. дол.
5	Потребление электроэнергии ТА в год	2 500,00	тыс.кВт
6	Годовые простои тягового агрегата на ТО3 и ТР1-ТР2	316,00	часов
7	Годовые простои тягового агрегата на ТО3 и ТР1-ТР3	424,00	часов
Капитальный ремонт с проведением модернизации (без рекуперации)			
1	Увеличение стоимости КР при проведении модернизации (без рекуперации)	346,7	тыс. дол.
2	Среднегодовые затраты на обслуживание компрессорной системы АК02	1,8	тыс. дол.
3	Среднегодовые затраты на приобретение тормозных колодок	1,4	тыс. дол.
4	Потребление электроэнергии ТА после проведения модернизации	1750,0	тыс. кВт
5	Годовые простои тягового агрегата на ТО3 и ТР1-ТР2	142,2	часов

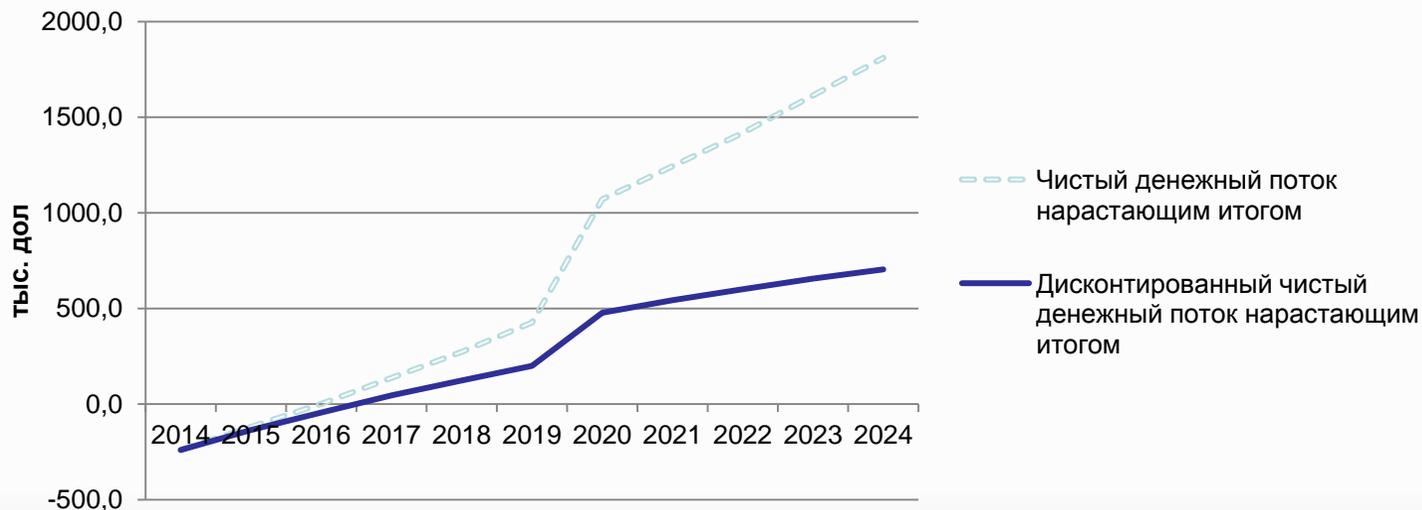
Расчет экономических показателей проекта модернизации (с рекуперацией)

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Численное выражение										
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	Период времени	год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2	График проведения модернизации		1										
3	Макроэкономические показатели												
3.1.	Индекс инфляции	%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
3.2.	Индекс инфляции, приведенный к начальному периоду	%	100%	106%	113%	120%	128%	136%	144%	153%	163%	173%	184%
4	Денежные потоки - затраты при капитальном ремонте без модернизации	тыс.\$	289,6	320,2	327,2	361,8	369,7	408,8	907,6	462,0	472,1	522,0	533,4
	Стоимость ремонта/замены оборудования, изымаемого при проведении модернизации	тыс.\$							489,8				
4.1.		тыс.\$							489,8				
4.2.	Обслуживание компрессора КТ6	тыс.\$	13,9	14,8	15,7	16,7	17,8	18,9	20,1	21,4	22,7	24,2	25,7
4.3.	Затраты на тормозные колодки	тыс.\$	6,8	7,2	7,7	8,2	8,7	9,2	9,8	10,4	11,1	11,8	12,5
4.4.	Потребление электроэнергии тяговым агрегатом без модернизации	тыс.\$	234,7	249,5	265,2	281,9	299,7	318,6	338,6	360,0	382,7	406,8	432,4
4.5.	Потери производства от простоев тягового агрегата на ТОЗ и ТР	тыс.\$	34,1	48,6	38,5	55,0	43,5	62,1	49,2	70,2	55,6	79,3	62,8
5	Денежные потоки - затраты при капитальном ремонте с модернизацией (с рекуперацией)	тыс.\$	529,5	199,9	206,6	225,9	233,4	255,2	263,8	288,4	298,0	325,9	336,8
	Увеличение стоимости при проведении ремонта с модернизацией (с рекуперацией)	тыс.\$	346,7										
5.1.		тыс.\$	346,7										
5.2.	Обслуживание компрессорного агрегата АК02	тыс.\$	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	2,9	3,1	3,3
5.3.	Затраты на тормозные колодки	тыс.\$	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5
5.4.	Потребление электроэнергии тягового агрегата после модернизации (с рекуперацией)	тыс.\$	164,3	174,7	185,7	197,4	209,8	223,0	237,1	252,0	267,9	284,7	302,7
5.5.	Потери производства от простоев тягового агрегата на ТОЗ и ТР	тыс.\$	15,3	21,9	17,3	24,7	19,6	27,9	22,1	31,6	25,0	35,7	28,3
6	Чистый денежный поток	тыс.\$	-239,9	120,3	120,6	135,9	136,3	153,6	643,8	173,6	174,0	196,1	196,7
7	Чистый денежный поток нарастающим итогом	тыс.\$	-239,9	-119,6	1,0	136,9	273,2	426,8	1070,7	1244,2	1418,3	1614,4	1811,0
8	Дисконтированный чистый денежный поток	тыс.\$	-239,9	104,6	91,2	89,4	77,9	76,4	278,4	65,2	56,9	55,7	48,6
9	Дисконтированный чистый денежный поток нарастающим итогом	тыс.\$	-239,9	-135,3	-44,1	45,3	123,2	199,6	477,9	543,2	600,0	655,8	704,4
10	Чистая приведенная стоимость проекта	тыс.\$	704,4										
11	Срок окупаемости	лет	2										
12	Дисконтированный срок окупаемости	лет	3										

Финансовые показатели и график окупаемости проекта модернизации с рекуперацией

Наименование	Показатель
Чистый денежный поток за 10 лет (суммарная прибыль)	1 811 тыс.дол.
Чистая приведенная стоимость проекта	704,4 тыс.дол.
Дисконтированный срок окупаемости	3 года.
Не дисконтированный срок окупаемости	2 года.

График окупаемости проекта



Расчет годовой экономии затрат на эксплуатацию ТА после проведения модернизации (без учета снижения стоимости ремонта и замены оборудования при проведении КР*)

Наименование показателя	Среднегодовые затраты до модернизации	Среднегодовые затраты после модернизации	Экономия в год на 1 ТА
Среднегодовые затраты на тормозные колодки	6,8 тыс. дол.	1,4 тыс. дол	5,4 тыс. дол.
Среднегодовые затраты на обслуживание компрессоров	13,9 тыс. дол	1,8 тыс. дол	12,1 тыс. дол.
Затраты на потребление электроэнергии (с учетом рекуперации)	234,7 тыс. дол.	164,3 тыс. дол.	70,4 тыс. дол.
Потери производства от простоев тягового агрегата на ТО и ТР	34,1 тыс. дол	15,3 тыс. дол	18,8 тыс. дол.
Всего среднегодовая экономия на один тяговый агрегат			106,7 тыс. дол.

*Снижение стоимости ремонта и замены оборудования при проведении КР – 339,5 тыс. дол.