МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
Кафедра «Инженерных систем зданий и сооружений»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ИСЗиС
_____ Г.В. Сакаш
подпись инициалы, фамилия
« 14 » 06 20 17г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»
08.03.01.00.06 «Водоснабжение и водоотведение»

Разработка технологии очистки сточных вод предприятия электротехнической промышленности

Пояснительная записка

Руководитель _____ 13.06.2017 к.х.н. профессор Т.И. Халтурина
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия
Выпускник _____ 13.06.2017 Д.Н. Карамашева
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……4

1 Научно – исследовательский раздел……..5

1.1 Анализ литературных источников и патентной документации по методам очистки сточных вод гальванического производства……..5

1.2 Исследование процесса электрокоагуляционной очистки медьсодержащих сточных вод асимметричным током……..16

1.2.1 Возможные формы тока для обработки сточных вод……....16

1.2.2 Устройство для получения асимметричного тока……..17

1.2.3 Методика и результаты исследований процесса медьсодержащих сточных вод……....18

1.2.4 Данные исследований процесса электрообработки асимметричным током……..…20

1.3 Технологический расчет…….....33

2 Технико-экономический раздел……....34

2.1 Расчет капитальных вложений……....34

2.2 Расчет годовых эксплуатационных затрат……....35

2.3 Расчет приведенных затрат…….....40

2.4 Себестоимость очистки ……..41

2.5 Эффективность инвестиций……..…….....41

2.6 Технико-экономический анализ сравниваемых вариантов очистки медьсодержащих сточных вод…….....42

ЗАКЛЮЧЕНИЕ……45

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ……46

ПРИЛОЖЕНИЕ А……51

ПРИЛОЖЕНИЕ Б……..77

ПРИЛОЖЕНИЕ В……..80

2 Технико-экономический расчет

2.1 Расчет капитальных вложений

Вариант 1–гальванокоагуляция
Вариант 2–электрокоагуляция
Вариант 3–реагентный метод

В таблице 2.1.1 приведены капитальных вложениях на реализацию различных инвестиционных проектов системы очистки медьсодержащих сточных вод производительностью 52 м^3/сут.

Таблица 2.1.1 - Капитальные вложения
Начало таблицы 2.1.1

п/п	Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы продукции, тыс. руб.	Инвестиционные проекты		
				1-й вариант	2-й вариант	3-й вариант
1	2	3	4	5	6	7
1	Резервуар-усреднитель, V = 52 м^3	1	136,710	136,710	136,710	136,710
2	Насос ВК 1/16А	5	23,285	116,30	116,430	116,430
3	Фильтр-грязевик	2	1,790	3,580	3,580	3,580
4	Бак-дозатор кислоты V = 1 м^3	1	5,200	5,200	5,200	
5	Бак-дозатор извести V = 1 м^3	1	5,200	5,200	5,200	
6	Смеситель	1	15,340	15,340	15,340	
7	Вертикальный отстойник	2	26,100	52,200	52,200	52,200
8	Фильтр	2	1,450	2,900	2,900	2,900
9	Гальванокоагулятор	2	8,640	17,280		
10	Электрокоагулятор	4	11,630		46,520	

Продолжение таблицы 2.1.1

п/п	Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы продукции, тыс. руб.	Инвестиционные проекты		
				1-й вариант	2-й вариант	3-й вариант
11	Насос 3М 50-125/4 IE2	1	64,700	64,700	64,700	64,700
12	Емкость для приготовления известкового молока V=0,04м^3	1	0,565			0,565
13	Бак расходный V = 0,26 м^3	2	2,280			4,560
14	Бак растворный V = 0,13 м^3	1	1,140			1,140
15	Насос дозатор НД 1,0-25/40 К4	1	23,400			23,400
16	Насос дозатор НД 1,0-10-100 Д 14	2	21,400	-	-	42,800
17	Воздуходувка OMEGA GM 3S	1	16,900	16,900	16,900	16,900
18	Резервуар чистой воды V = 19,5 м^3	1	159,440	159,440	159,440	159,440
19	Резервуар грязной воды V = 6,1 м^3	1	54,720	54,720	54,720	54,720
20	Шламоуплотнитель Д = 1 м	1	25,900	25,900	25,900	25,900
21	Центрифуга	1	7,200	7,200	7,200	7,200
Итого:				684,00	712,94	713,145

Окончание таблицы 2.1.1

2.2 Расчет годовых эксплуатационных затрат

Расчет годовых эксплуатационных затрат Определяются по формуле

$$Э = З_р + З_{з/пл} + З_{эл} + З_а + З_{тр} + З_{пр}$$, тыс. руб. (2.2.1)

где $З_{з/пл}$– заработная плата обслуживающего персонала с отчислениями на социальное страхование, тыс. руб.;

$З_р$– стоимость реагентов и других строительных материалов, тыс. руб.;

$З_{эл}$– стоимость электроэнергии, тыс. руб.;

$З_{тр}$– затраты на текущий ремонт, тыс. руб.;

$З_{пр}$– прочие затраты, тыс. руб.;

$З_{ам}$– амортизационные отчисления, тыс. руб.

Расходы на заработную плату обслуживающего персонала определяются умножением численности обслуживающего персонала на показатель среднегодовой заработной платы, рассчитанной на одного работающего соответствующей категории с учетом районного коэффициента.

Среднегодовая заработная плата обслуживающего персонала принимается по данным заказчика (9800 руб./мес.).

Доплаты за работу в ночное время, праздничные и выходные дни, премиальные вознаграждения принимаются в размере 35% от заработной платы.

Налоговые отчисления в государственные внебюджетные фонды от фонда заработной платы составляют 36,5%.

При численности обслуживающего персонала очистных сооружений 3 человек годовой фонд оплаты труда с учетом всех социальных отчислений составит:

$$З_{з/п} = 12 \cdot З_{мин}^{мес} \cdot К_с \cdot Ч$$, тыс. руб./год (2.2.2)

где 12 – количество месяцев в году, мес.;

$З_{мс}^{мин}$ – минимальный месячный размер заработной платы, устанавливаемый в Российской Федерации соответствующими решениями, тыс. руб.;

$К_с$ – коэффициент, учитывающий отчисления от суммы заработной платы единого социального налога в государственные внебюджетные фонды, 1,365;

$Ч$ – численность обслуживающего персонала.

$$З_{з/п} = 12 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}365 \cdot 3 \cdot = 481{,}6$$ тыс. руб./год. (2.2.3)

Общая потребляемая мощность оборудования представлена в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1 – Потребляемая мощность оборудования очистных сооружений

Начало таблицы 2.2.1

№	Наименование оборудования	Количество рабочих агрегатов	Мощность	Общая потребляемая мощность
1	2	3	4	5
Схема 1				
1	Насос марки ВК 1/16А	5	1,2	6
2	Гальванокоагулятор	2	0,5	1,0
3	Насос-дозатор щелочи НД 1.0-10-100 Д 14	1	0,25	0,25
4	Насос дозатор кислоты НД 1.0-10-100 Д 14	1	0,25	0,25
5	Воздуходувка марки OMEGA GM 3S	1	1,5	1,5
	Итого			9
Схема 2				
1	Электрокоагулятор	4	7,1	28,4
2	Насос марки ВК 1/16А	5	1,2	6
3	Насос-дозатор щелочи НД 1.0-10-100 Д 14	1	0,25	0,25
4	Насос дозатор кислоты НД 1.0-10-100 Д 14	1	0,25	0,25
5	Воздуходувка марки OMEGA GM 3S	1	1,5	1,5
	Итого			36,4
Схема 3				
1	Насос марки ВК 1/16А	5	1,2	6
2	Насос-дозатор реагентов НД 1.0-25/40 К 4	1	0,25	0,25
3	Насос-дозатор щелочи НД 1.0-10-100 Д 14	1	0,25	0,25

Продолжение таблицы 2.1.1

№	Наименование оборудования	Количество рабочих агрегатов	Мощность	Общая потребляемая мощность
4	Насос-дозатор коагулянта НД 1.0-10-100 Д 14	1	0,25	0,25
5	Воздуходувка марки OMEGA GM 3S	1	1,5	1,5
	Итого			8,25

Окончание таблицы 2.2.1

Установленная мощность:

$$N = \frac{P \cdot K_0 \cdot N}{\cos\phi}, \text{ кВт} \qquad (2.2.4)$$

где P – коэффициент, учитывающий трансформаторный резерв, 1,5;

K_0 – коэффициент, учитывающий электро-светильную нагрузку, K_0=1,05;

N – мощность всех рабочих электро-приемников;

$\cos\phi$ –коэффициент мощности электродвигателя, $\cos\phi$=0,9.

$N_1 = \frac{1{,}5 \cdot 1{,}05 \cdot 9}{0{,}9} = 15{,}75$ кВт;

$N_2 = \frac{1{,}5 \cdot 1{,}05 \cdot 36{,}4}{0{,}9} = 63{,}7$ кВт;

$N_3 = \frac{1{,}5 \cdot 1{,}05 \cdot 8{,}25}{0{,}9} = 14{,}43$ кВт.

Так какN_1, N_2 иN_3<750 кВт, то расчет ведем по одно-ставочному тарифу.

Годовой расход потребляемой электроэнергии:

$$З_{эл/эн} = \sum W \cdot T_1 / 10^5, \text{ тыс. руб./год} \qquad (2.2.5)$$

где $\sum W$ – количество активной электроэнергии.

$$\sum W = N \cdot 260 \cdot 8, \text{ кВт/год} \qquad (2.2.6)$$

$\sum W_1 = 15{,}75 \cdot 260 \cdot 8 = 32{,}7$ тыс. кВт/год;

$\sum W_2 = 63{,}7 \cdot 260 \cdot 8 = 142{,}6$ тыс. кВт/год;

$\sum W_3 = 14{,}43 \cdot 260 \cdot 8 = 30{,}1$ тыс. кВт/год

$З^1_{эл/эн}$=0,74·32,7=24,2 тыс. руб./год;

$З^2_{эл/эн}$=0,74·142,6=105,5 тыс. руб./год;

$З^{3}_{эл/эн}$=0,74·30,1=22,2 тыс. руб./год

Затраты на текущий ремонт принимаются в размере 1% от сметной стоимости сооружений:

$$З_{т.р.} = 0{,}01 \cdot КВ, \text{ тыс. руб./год} \quad (2.2.7)$$

$$З_{т.р.1} = 0{,}01 \cdot КВ = 0{,}01 \cdot 684{,}00 = 6{,}8 \text{ тыс. руб./год;}$$
$$З_{т.р.2} = 0{,}01 \cdot КВ = 0{,}01 \cdot 712{,}94 = 7{,}1 \text{ тыс. руб./год;}$$
$$З_{т.р.3} = 0{,}01 \cdot КВ = 0{,}01 \cdot 713{,}15 = 7{,}1 \text{ тыс. руб./год.}$$

Затраты на амортизацию:

$$З_{ам} = 0{,}2 \cdot КВ, \text{ тыс. руб./год} \quad (2.2.8)$$

$З_{ам1}$=0,2·КВ=0,2·684,00=136,8 тыс. руб./год;
$З_{ам2}$=0,2·КВ=0,2·712,94=142,5 тыс. руб./год;
$З_{ам1}$=0,2·КВ=0,2·713,15=142,6 тыс. руб./год

Прочие затраты принимаются в размере 20% от суммы амортизационных отчислений и заработной платы обслуживающего персонала:

$$З_{пр} = 0{,}2 \cdot (З_{з/пл} + З_{ам}), \text{ тыс. руб./год} \quad (2.2.9)$$
$$З_{пр1} = 0{,}2 \cdot (481{,}6 + 136{,}8) = 123{,}6 \text{ тыс. руб./год;}$$
$$З_{пр2} = 0{,}2 \cdot (481{,}6 + 142{,}5) = 124{,}8 \text{ тыс. руб./год;}$$
$$З_{пр3} = 0{,}2 \cdot (481{,}6 + 142{,}6) = 124{,}8 \text{ тыс. руб./год.}$$

Затраты на реагенты. В данной статье учитываются затраты на химические реагенты, используемые при эксплуатации сооружений для очистки хромсодержащих сточных вод. Расчет годовой потребности материала и реагентов определяется в технологической части проекта. Годовая потребность в реагентах определяется по формуле:

$$З = \frac{Q \cdot D_p \cdot T}{10^6}, \text{ т/год} \quad (2.2.10)$$

где D_p – расчетная доза реагента, г/м^3.
Затраты на материалы определяются:

$$С = З \cdot С_р, \text{ тыс. руб.} \quad (2.2.11)$$

где C_p – стоимость 1 тонны реагента, тыс. руб./т.

$З_{щ}=\frac{1{,}63\cdot 88{,}5\cdot 6240}{10^6}=0{,}9$ т/год; $С_1$=0,9·6,3=5,67 тыс. руб.;

$З_{б.н.}=\frac{1{,}63\cdot 712{,}5\cdot 6240}{10^6}=7{,}2$ т/год; $С_2$=7,2·10,3=74,16 тыс. руб.;

$З_{с.к.}=\frac{1{,}63\cdot 154{,}9\cdot 6240}{10^6}=1{,}6$ т/год; $С_3$=1,6·6,6=10,56 тыс. руб.

Таблиц 2.2.2 – Потребность в химических реагентах

Наименование реагентов	Стоимость 1 т, тыс. руб.	Количество реагента, т	Расчетная доза, г/м^3	Всего, тыс. руб.
$Ca(OH)_2$	6,3	0,9	88,5	5,67
Бисульфит натрия	10,3	7,2	712,5	74,16
Серная кислота	6,6	1,6	154,9	10,56

$З_{р1}$= $З_{щ}$+ $З_{с.к.}$= 5,67+10,56=16,23 тыс. руб.;

$З_{р2}$= $З_{щ}$+ $З_{с.к.}$= 5,67+10,56=16,23 тыс. руб.;

$З_{р3}$= $З_{б.н.}$+ $З_{щ}$=74,16+5,67=79,83 тыс. руб.

На основании вышеприведенных расчетов эксплуатационные затраты составляют:

$Э_1$=16,23+481,6+24,2+136,8+6,8+123,6= 789,23 тыс. руб.;

$Э_2$=16,23+481,6+105,5+142,5+7,1+124,8= 877,73 тыс. руб.;

$Э_3$=79,83+481,6+22,2+142,6+7,1+124,8= 858,13 тыс. руб.

2.3 Расчет приведенных затрат

$$П_i = E\cdot КВ + Э_{экспл} \text{ тыс. руб.} \qquad (2.3.1)$$

где E – абсолютный показатель экономической эффективности капитальных вложений.

$П_1 = 0{,}16\cdot 684{,}00 + 789{,}23 = 898{,}67$ тыс. руб.;

$П_2 = 0{,}16\cdot 712{,}94 + 877{,}73 = 991{,}8$ тыс. руб.;

$П_3 = 0{,}16\cdot 713{,}15 + 858{,}13 = 972{,}2$ тыс. руб.

2.4 Себестоимость очистки 1м^3 воды

$$C = \frac{Э_{эксп}}{Q_{год}}, \text{ руб./м}^3 \qquad (2.4.1)$$

$$C_1 = \frac{789{,}23}{3328} = 0{,}237 т.руб/м^3 = 237 руб/м^3;$$

$$C_2 = \frac{877{,}73}{3328} = 0{,}236 т.руб/м^3 = 236 руб/м^3;$$

$$C_3 = \frac{858{,}13}{3328} = 0{,}257 т.руб/м^3 = 257 руб/м^3.$$

2.5 Эффективность инвестиций

Сравнение вариантов технических решений, отличающихся друг от друга размером инвестиционных вложений и эксплуатационными расходами, производят при расчете модифицированной суммы приведенных строительно-эксплуатационных затрат.

$$З_п = \sum_{t=0}^{T} \frac{K_t + З_t}{(1+E)^t}, \text{ тыс. руб.} \qquad (2.5.1)$$

где $З_t$ – сумма текущих затрат;

E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (Е=0,18 – норма дисконта, заемный капитал);

K_t – капитальные вложения;

Т – период расчета 5 лет.

$$З^1_п = \frac{136{,}8 + 0{,}16 \cdot 684{,}00}{1+0{,}16} + \frac{136{,}8 + 0{,}16(684{,}00 - 136{,}8) + 789{,}23}{(1+0{,}16)^2} +$$
$$+ \frac{136{,}8 + 0{,}16(684{,}00 - 2 \cdot 136{,}8) + 789{,}23}{(1+0{,}16)^3} + \frac{136{,}8 + 0{,}16(684{,}00 - 3 \cdot 136{,}8) + 789{,}23}{(1+0{,}16)^4} +$$
$$2 + \frac{136{,}8 + 0{,}16(684{,}00 - 4 \cdot 136{,}8) + 789{,}23}{(1+0{,}16)^5} = 2591{,}6 \text{ тыс. руб.},$$

$$З^2_п = \frac{142{,}5 + 0{,}16 \cdot 712{,}94}{1+0{,}16} + \frac{142{,}5 + 0{,}16(712{,}94 - 142{,}5) + 877{,}73}{(1+0{,}16)^2} +$$
$$+ \frac{142{,}5 + 0{,}16(712{,}94 - 2 \cdot 142{,}5) + 877{,}73}{(1+0{,}16)^3} + \frac{142{,}5 + 0{,}16(712{,}94 - 3 \cdot 142{,}5) + 877{,}73}{(1+0{,}16)^4} +$$
$$+ \frac{142{,}5 + 0{,}16(712{,}94 - 4 \cdot 142{,}5) + 877{,}73}{(1+0{,}16)^5} = 2826{,}18 \text{ тыс. руб.},$$

$$З^3_п = \frac{146{,}2 + 0{,}16 \cdot 713{,}15}{1+0{,}16} + \frac{146{,}2 + 0{,}16(713{,}15 - 146{,}2) + 858{,}13}{(1+0{,}16)^2} +$$

$$+\frac{146{,}2+0{,}16(713{,}15-2\cdot 146{,}2)+858{,}13}{(1+0{,}16)^3}+\frac{146{,}2+0{,}16(713{,}15-3\cdot 146{,}2)+858{,}13}{(1+0{,}16)^4}+$$
$$+\frac{146{,}2+0{,}16(713{,}15-4\cdot 146{,}2)+858{,}13}{(1+0{,}16)^5}=2795{,}7 \text{ тыс. руб.}$$

Информационной базой для определения конечных показателей являются капитальные вложения K_t и чистый доход (ЧД), которые распределяются по шагам расчетного периода.

Чистый доход определяется по формуле

ЧД=П, тыс. руб. (2.5.2)

где *П* – прибыль, полученная от реализации проекта.

$ЧД_1=З^3_п-З^1_п$ = 2826,18-2591,6=234,58

$ЧД_3= З^3_п-З^2_п$ =2826,18-2795,7=30,5

$Т_{ок}$ – срок окупаемости

$Т_{ок}^1 = З^1_п/234{,}58=11$ лет,
$Т_{ок}^3=З^3_п/30{,}5=92$ года

2.6 Технико-экономический анализ сравниваемых вариантов очистки медьсодержащих сточных вод

В таблице 2.6.1 приведены технико-экономические показатели сравниваемых вариантов очистки медьсодержащих сточных вод.

Таблица 2.6.1 – Сводная таблица технико-экономических показателей сравниваемых вариантов

Начало таблицы 2.6.1

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм	Инвестиционные проекты		
			Вариант 1 (базовый)	Вариант 2	Вариант 3
1	2	3	4	5	6
1	Капитальные вложения	тыс. руб.	684,00	712,94	713,145
2	Эксплуатационные затраты	тыс. руб/год	789,23	877,73	858,13
3	Приведенные затраты	тыс. руб.	898,67	991,8	972,2
4	Себестоимость очистки	руб./м^3	237	236	257

Продолжение таблицы 2.6.1

5	Модифицированные приведенные затраты	тыс.руб.	2591,6	2826,2	2795,7
6	Чистый доход	тыс.руб.	234,58		30,5
7	Срок окупаемости	год	11		92

Окончание таблицы 2.6.1

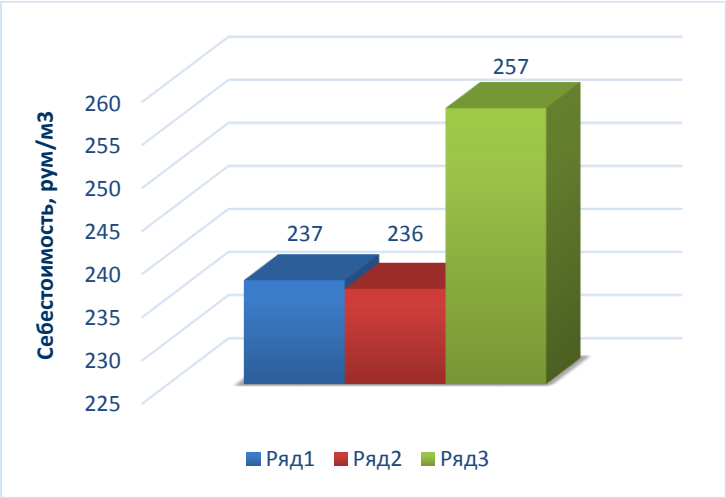
Вариант 1– гальванокоагуляция

Вариант 2 – электрокоагуляция

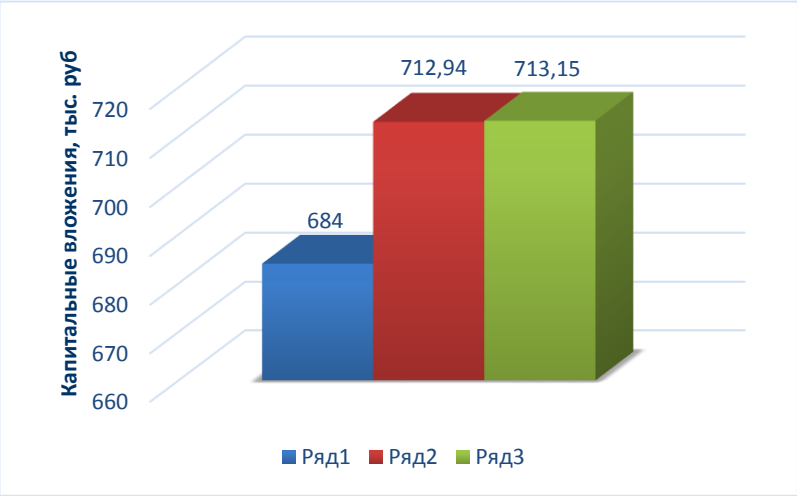
Вариант 3 – реагентный метод

На рисунке 2.6.1 приведены гистограммы изменения показателей вариантов очистки медьсодержащих сточных вод относительно базового варианта.

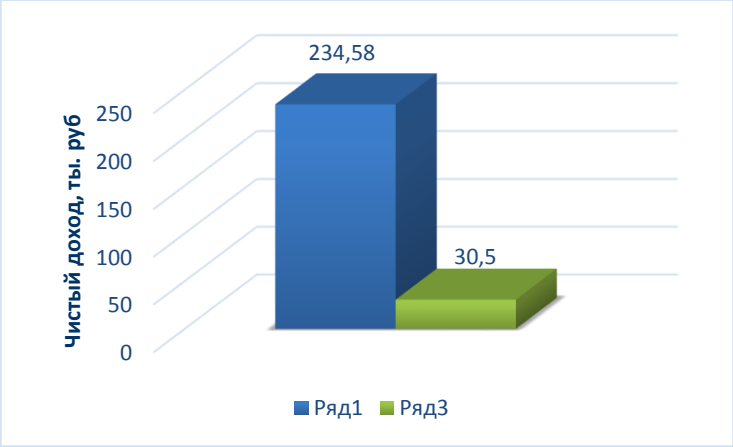
Учитывая, что метод электрообработки имеет существенные преимущества: компактность установок; легкость их автоматизации; солесодержание очищенных стоков не увеличивается при обработке, а также региональные условия целесообразно применять метод электрокоагуляции.



а)



б)



в)

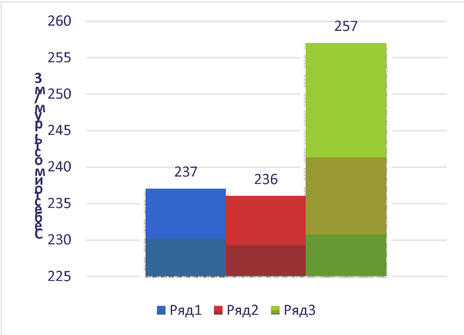
Рисунок 2.6.1 – Гистограммы показателей сравниваемых вариантов очистки медьсодержащих сточных вод относительно базового варианта: а) по себестоимости; б) по капитальным вложениям; в) по чистому доходу

Технико-экономическое обоснование выбора рационального метода очистки медьсодержащих сточных вод

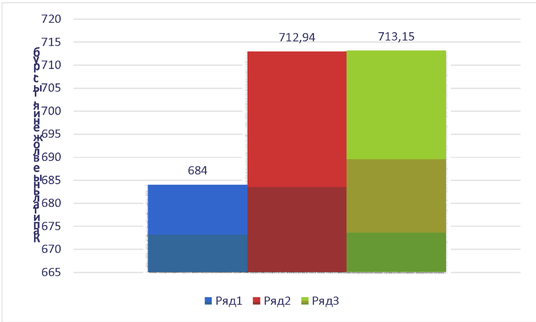
№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм	Инвестиционные проекты		
			Вариант 1 (базовый)	Вариант 2	Вариант 3
1	2	3	4	5	6
1	Капитальные вложения	тыс. руб.	684,00	712,94	713,145
2	Эксплуатационные затраты	тыс. руб/год	789,23	877,73	858,13
3	Приведенные затраты	тыс. руб.	898,67	991,8	972,2
4	Себестоимость очистки	руб./м^3	237	236	257
5	Модифицированные приведенные затраты	тыс.руб.	2591,6	2826,2	2795,7
6	Чистый доход	тыс.руб.	234,58		30,5
7	Срок окупаемости	год	11		92

Вариант 1– технологическая схема гальванокоагуляционной очистки медьсодержащих сточных вод.
Вариант 2 – технологическая схема электрокоагуляционной очистки медьсодержащих сточных вод.
Вариант 3 – технологическая схема очистки медьсодержащих сточных реагентным методом.

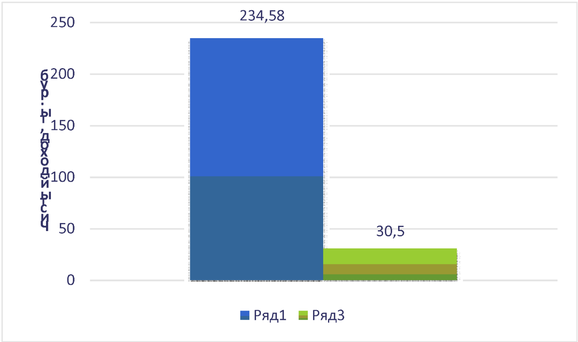
Гистограммы изменения экономических показателей сравниваемых вариантов очистки медьсодержащих сточных



а



б



в

Гистограммы показателей сравниваемых вариантов очистки медьсодержащих сточных вод относительно базового варианта: а-по себестоимости руб/м3; б-по капитальным вложениям тыс.руб; в-по чистому доходу тыс.руб

						ВКР - 08.03.01.00.06 - 2017 ТС			
						СФУ ИСИ			
Изм	Кол	Лист	№док	Подп	Дата				
Разраб.		Карамашева		Д.Н.		Разработка технологии очистки сточных вод предприятия электрохимической промышленности	Стадия	Лист	Листов
Руководр		Халтурина		Т.И.			ВКР	6	6
Консульт.		Халтурина		Т.И.					
Н.контр		Халтурина		Т.И.		Технико–экономическое обоснование выбора рационального метода очистки нефтесодержащих сточных вод	ИСЗиС гр. ЗИЭ12-21Б		
Зав.Каф		Сакаш		Г.В.					

Взам. инв. N | подпись и дата | инв. N подл.