

Технико-экономическое обоснование

С 90-х годов учёными (Ю.Е. Агапов, А.В. Ченцов) велись исследования в области течения газовых потоков, впоследствии чего был рассмотрен ряд эффектов, которые легли в основу новейших систем газоочистного оборудования. В результате были разработаны системы тонкой очистки газа на базе Инерционно-вакуумного пылеуловителя и Градиентного сепаратора не имеющие аналогов в мире.

В основу разработанных технологий вошли следующие исследования:

1. Экспериментальные данные, полученные при исследовании характеристик теплофизической установки в 1993 -1994 годах теплофизической лабораторией ЧМП «НПО Градиент» и Павлодарским Государственным университетом в г. Павлодаре. Расход газа варьировался от 2000 до 5000 фм³/час, температура от 150 до 300⁰С.

2. Исследования газодинамических и теплофизических характеристик на полупромышленном градиентном сепараторе, установленного на 5-ом котле Павлодарской ТЭЦ-2 в 1993-1994 году. Расход газа составлял 80 000 фм³/час, температура газа 140⁰С.

3. Исследования, проведенные на лабораторной модели воздухоподогревателя в теплофизической лаборатории ЧМП «НПО Градиент» г. Павлодар в период с 1995 по 1996г. расход газа варьировался от 100 до 600 фм³/час, температура от 150 до 600⁰С.

4. С 1995 года по сегодняшний день действует промышленная Установка поперечно-струйного пылеосадителя, установленная в рассечку котла БКЗ-420 - 140 после второй ступени водяного экономайзера, перед первой ступенью воздухоподогревателя, для защиты от эрозии хвостовой части котла и снижения запыленности газового потока перед электрофильтром. Расход газа через пылеотсекатель составляет около миллиона кубометров (физических) в час. Аэродинамическое сопротивление 40-45 мм вод. ст., КПД - около 70%

5. Исследования проведенные на вихревом угольном мини-котле, теплофизической лабораторией «НПО Градиенттех» г. Усть-Каменогорск в 1999-2001 г. Котел имеет горячую топку. Элементов охлаждения в топке не было. Охлаждение газа осуществлялось в вихревом теплообменнике с защитой от кризиса кипения, который находился на выходе из топки. Диаметр газового тракта теплообменника составлял 60 мм, длина – 300 мм. Температура на выходе из топки составляла 1200⁰-1250⁰С, на выходе из теплообменника 60-80⁰С.

6. Исследования, проведенные на полупромышленной модели Градиентного сепаратора «НПО Градиенттех» г. Усть-Каменогорск в 2003-2006 г. Расходом 6 000 фм³/час

7. Исследования, проведенные на полупромышленной модели Инерционно-вакуумного пылеуловителя «НПО ЦАТ» г. Омск, Россия в 2009-2010 г. Расходом от 8 000 до 16 000 фм³/час.

На базе последних расчетов и испытаний получены данные по прикладному использованию систем:

- получению нанопорошков в промышленном масштабе;
- извлечению влаги из атмосферы.

- Для наглядности и понимания экономической обоснованности разработанной технологии ниже представлены три расчёта экономических эффектов от внедрения системы очистки на базе градиентного сепаратора и инерционно-вакуумного аэрофильтра на наиболее востребованных производственных процессах:

- 1.Предприятия ТЭК, работающего на угольном топливе.
2. Металлургическое производство.
3. Цементная промышленность

**1. Расчет экономического эффекта
на котле БКЗ-320-140 в сравнении со стандартно существующей системой
расходом 600 тыс. нм³/час.**

Исходные данные.

- Очистка газов при сгорании бурого угля Канско - Ачинского месторождения от золы;
- Режим работы оборудования – непрерывный. Остановка на текущий или капитальный ремонт – один раз в год на 20-60 суток.
- Расход очищаемого газа 600 нм³/час;
- Действующая система газов циклоны БЦУ -125-720;
- Требования к системе газоочистки - очистка 99,9 %;
- Размещение оборудования в существующей ячейке котлов длина 17900, ширина 4800, высота 12500 мм.;
- Химический состав газовой составляющей на входе в газоочистку, CO₂ -13,6%; O₂-6,3 %; N₂ -79.8%; SO₂-0,035%, N₂O-0,031%;
- H₂, CO, CnHm-0,432%;
- Наличие водяных паров 12%;
- Температура газа на входе в систему газоочистки 180-200 С⁰;
- Характеристика улавливаемой пыли: фракционный состав 2-35 мкм – 59,4% более 35 мкм – 60%;
- Плотность частиц материала -2,65 г/см³;
материала – 1,46 г/см³;
сухого материала – 0,82 г/см³;
- Начальная запыленность при входе в систему пылеочистки (при 0⁰С и давлении 101 кПа) 3,9 -5,65 г/м³;

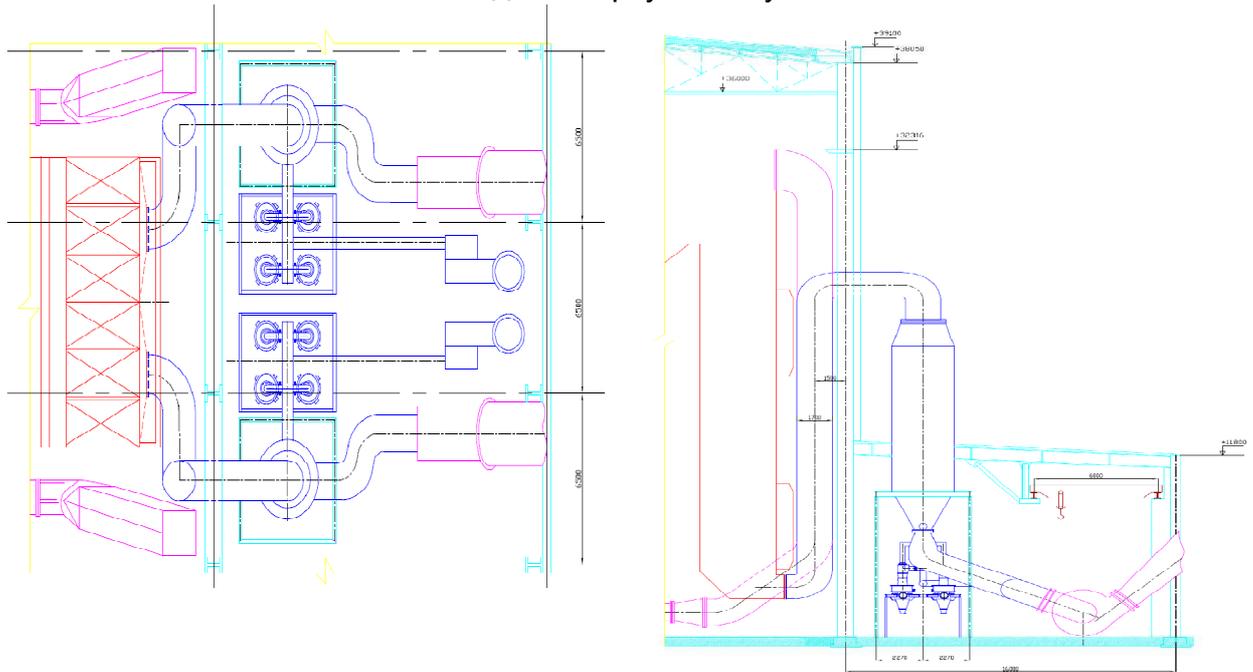
Предлагаемое решение и преимущества:

- Удаление из отходящих газов пылевой составляющей с эффективностью 99% с последующей транспортировкой отобранной пыли к месту дальнейшей утилизации;
- Удаление из отходящих газов газовых составляющих, таких как SO₂, NO₂, CO₂, с эффективностью 99,9%.
- **Замена воздухоподогревателя котла, который становится полностью эрозиобезопасным, с температурой нагрева воздуха, подаваемого на горение в топку до 350-400⁰С.**
- **За счёт исключения присосов воздуха происходит снижение мех. недожога топлива на 2-6 %, в зависимости от срока эксплуатации котла.**
- **Охлаждение уходящих газов до 80⁰С, становится возможным после вывода из основного газового потока сернистого ангидрида, что допускает снижения точки росы по серной кислоте.**

1. Основным источником экономического эффекта является снижение температуры уходящих газов от 180⁰С до 80⁰С, т.е. **повышается КПД котла** для БКЗ-320 работающего на Канско-Ачинском угле на 2,97%, что при Вр=70100 кг/час составит экономию (при цене 900 рублей за тонну) 48,48 т/сутки x900 = 43632 руб./сутки или **15,925 млн. руб в год на одном котле.**

2. Источником уменьшения затрат при эксплуатации котла также является полное прекращение выплаты штрафов за загрязнение окружающей среды, что по золе при выбросе 804 тонны в год составляет около двух миллионов рублей, по сернистому ангидриду при выбросе 2 498 тонны в год составляет по непроверенным данным около трёх миллионов рублей.

Технологическая схема с видом сверху и сбоку:

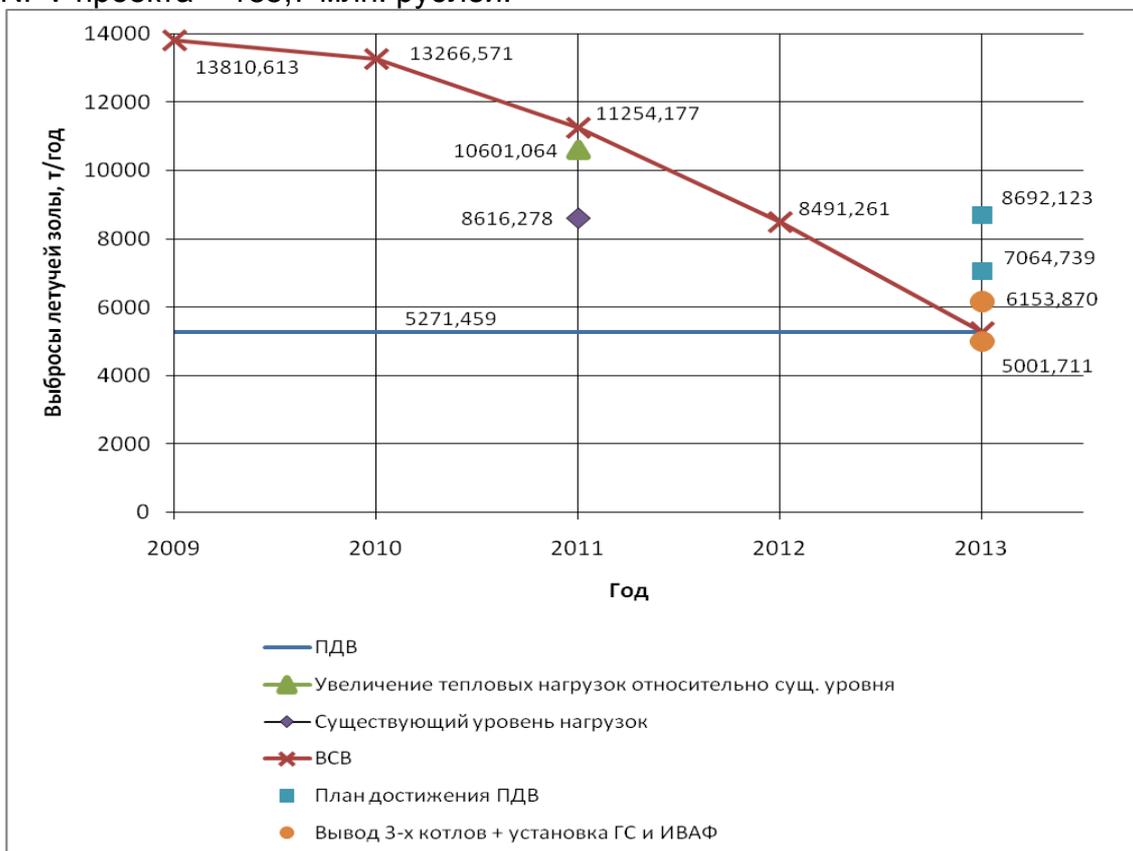


Сохраняя существующие нагрузки, при этом планомерно реконструируя золоуловители, достижения уровня ПДВ при пересчёте на 2013 год возможно лишь при установке системы очистки ООО «Вихрь». Проект демонстрирует положительный эффект в сравнении с отказом от вывода из эксплуатации котлов и выплате штрафов за выбросы вредных веществ в полном объёме.

IRR = 38,4%;

Дисконтированный срок окупаемости = 6,3 лет;

NPV проекта = 185,7 млн. рублей.



3. Эксплуатационные расходы.

Системы очистки газов	Эксплуатационные расходы, тыс. рос. руб./год			ИТОГО
	Электро энергия	Вода	Обслуживание	
Система сверхтонкой очистки отходящих газов на базе: - градиентный сепаратор, - аэрофильтр	1 000	-	-	1 000
Стандартная система очистки отходящих газов для ТЭЦ: - скруббер Вентури, - электрофильтр	7 500	500	1 000	9 000
Экономический эффект	6500	500	1 000	8 000

4. Общие показатели.

№	Расходы (тыс. руб)	Система	Стандартная система	РАЗНИЦА
1	Экономия топлива	15 925	0	16 000
2	Эксплуатация	1 000	9 000	8 000
3	Экология	0	3 000	3 000
5	Ремонт	500	3 000	2 500
6	Капиталовложения	45 000	60 000 - скруббер 200 000- электрофильтр	215 000
7	ИТОГО (с учетом расходов на 1 год и капиталовложений)			2530

5. Общий экономический эффект без учета капитальных затрат и ремонта воздухоподогревателя **около 30 миллионов рублей.**

Срок окупаемости, таким образом, составляет около 18 месяцев.

Р. С. При использовании Циклонов затраты на экологические штрафы непременно возрастут, поэтому расчёт окупаемости отличается, но учитывая наглядность преимуществ технологии на базе градиентного сепаратора и аэрофильтра срок окупаемости будет составлять **не более 2 лет.**

Сравнительная характеристика затрат на газоочистное оборудование для ТЭЦ (котёл БКЗ-320) производительностью по расходу газов 600 тыс. н.м³/час

Системы очистки газов	Капиталовложения		Эксплуатационные расходы, млн. руб. год			Примечание
	Общие, млн. руб.	на 1м ³ /час, руб.	Эл. энергия	Вода	Ремонт	
Стандартная система очистки отходящих газов для ТЭЦ: - скруббер Вентури, - электрофильтр, -воздухоподогреватель	428	714	12,5	0,6	1,8	Наличие в газах агрессивных составляющих и абразивности золы скруббер полностью меняется 1 раз в три года
Система на базе градиентного сепаратора и инерционно-вакуумного аэрофильтра	85	142	6,0	-	0,2	Аэродинамические характеристики позволяют практически исключить эрозийный износ
Экономический эффект от внедрения системы очистки по сравнению с существующими для ТЭЦ	343	572	6,5	-	1,6	Экономия средств примерно в пять раз

2. **Примерный расчёт экономического эффекта от внедрения системы тонкой очистки «бедных» аглозатов в цехе производства свинца на ОАО «Казцинк» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан).**

Исходные данные:

1. Производительность установки	60 000 м ³ / час
2. Содержание сернистого ангидрида	1,5 %
3. Содержание взвешенных частиц	16 гр./м ³
4. Степень улавливание Установкой сернистого ангидрида	99,9 %
5. Взвешенных частиц	99,9 %
6. Число часов работы в год	7780 час.
7. Степень улавливание взвешенных частиц, применяемыми в настоящее время рукавными фильтрами	98 %
8. Улавливание в настоящее время сернистого ангидрида	нет
9. Плата за выбросы сернистого ангидрида	3500 тенге/тн. в час
10. Плата за выбросы сернистого ангидрида	65352000 тенге/тн в год
11. Плата за выбросы взвешенных частиц	1750 тенге/тн. в час
12. Плата за выбросы взвешенных частиц	326760000 тенге/тн в год
13. Удельный вес Сернистого ангидрида	2,926 кг/м ³
14. Укрупненные затраты на установку градиентного сепаратора на выше указанную производительность	250 000 у.е.
15. Потребляемая мощность	150 кВт
16. Укрупненные затраты на текущие ремонты Установки	1000 у.е.
17. Стоимость одного Квт. часа электроэнергии	3,1 тенге/кВт/час

Экономия по экологическому обеспечению:

Выбросы сернистого ангидрида составляют в год: $60\,000\text{ м}^3/\text{час} \times 0,015\text{ м}^3 \times 2,926\text{ кг/м}^3 \times 7780\text{ час} = 20\,487\,852\text{ кг/год}$ или 20 488 тонн в год.

При степени улавливания установкой сернистого ангидрида 99,9% и стоимости выбросов 3 500 тенге за 1 тонну, то плата за выбросы не производится в сумме: $20\,488 \times 0,999 \times 3500 = 71\,636\,292\text{ тенге}$ или **465 170 у.е. в год**

При разнице улавливания взвешенных частиц 99,9% - 99% = 0,9% в атмосферу не выбрасывается взвешенных частиц в количестве:

$60000 \times 0,016 \times 0,09 \times 7780 = 672\,192\text{ кг/год}$ или 677,2 тн./год, что экономии в деньгах составляет: $677,2 \times 1750 = 1\,185\,100\text{ тенге}$ или **7 696 у.е.**

Затраты на электроэнергию: $150 \times 3,1 \times 77800 = 3\,617\,700\text{ тенге}$. или **23 491 у.е.**

Экономический эффект от экологического обеспечения составляет:

$465\,170,72 + 7\,696 - 23\,491 - 1000 = 448\,375\text{ у.е. в год.}$

В последствии планируется полностью отказаться от использования рукавного фильтра, что приведёт к весьма ощутимой экономии, но в расчёте не указан экономический эффект от экономии от отсутствия рукавного фильтра.

Экономический эффект от улучшения технологических показателей:

С проведением обогащения аглозатов с 1,5% до 50% содержания сернистого ангидрида в общем газовом потоке приводит к улучшению всего технологического процесса утилизации сернистого ангидрида и получения конечного продукта - серной кислоты.

Это добивается уменьшением общего пропускного газового потока, поступающего на утилизацию с **60 000 м³/ч до 4500 м³/ч**, вследствие чего уменьшается диаметр ведущего газохода с **1300 мм до 310 мм**, и существенно снижаются габариты утилизирующего оборудования – в среднем, в 2 раза. Кроме того, происходит более стабильное соединение сернистого ангидрида с катализатором, ведущее к получению серной кислоты.

В комплексе результатом является удешевление утилизации сернистого ангидрида и получения серной кислоты ориентировочно **на 150 миллионов тенге (приблизительно 1 000 000 у.е.)** дешевле, чем по существующей сегодня технологии.

Итого полный экономический эффект от Установки градиентного сепаратора в цехе производства свинца на ОАО «Казцинк» составляет:

1 000 000 у.е. + 448 375 у.е. – 250 000 у.е. = 1 198 375 у.е.

ОКУПАЕМОСТЬ: $1\,198\,375\text{ у.е.}/250\,000\text{ у.е.} = 4,8$

$12\text{ месяцев}/4,8 = 2,5\text{ месяца}$

экономить уголь. Или получать теплоноситель в виде пара или горячей воды от условий технологических нужд.

Срок окупаемости, таким образом, составляет **около 30 дней**.

Сравнительная характеристика затрат на газоочистное оборудование от вращающейся печи производительностью по расходу газов 400 тыс. н.м³/час для цементного завода.

Системы очистки газов	Капиталовложения		Эксплуатационные расходы, млн. руб. год		Примечание
	Общие, млн. руб.	на 1 м ³ /час, руб.	Эл. энергия	Ремонт	
Электрофильтр	180	450	54,5	0,4	смена и/или очистка коронирующих электродов проводится в среднем 1 раз в 3 года
Система на базе градиентного сепаратора и инерционно-вакуумного аэрофильтра	55	135	4,6	0,2	Аэродинамические характеристики позволяют практически исключить эрозийный износ
Экономический эффект	125	315	49,9	0,2	Экономия средств примерно в три раза

Сравнительная таблица газоочистного оборудования
(производительность по дымовым газам 300 000 нм³/ч, очистка от золых и пылевых частиц при температуре до 200 °С).

*- Стоимостные показатели являются ориентировочными, точные суммы определяются исходя из конкретного технологического цикла (диапазон температур, запылённость потока, влажность, наличие сернистых газов, абразивность пылей, электропроводность ит.д.). При высоких температурах электрофильтры и рукавные фильтры практически не используются, что требует дополнительных энерго затрат на охлаждение промышленных газов.

Оборудование	Капиталовложения с монтажом*	Текущие затраты на ремонт	Эксплуатационные затраты	Недостатки
Батарейный циклон 	48 млн. руб. (отдельно практически не используется из-за низкой эффективности)	Полная замена циклонов при абразивном износе (раз в несколько лет).	Эл. энергия на тягодутьевые машины- 570 кВт/ч;	- Низкий КПД - Абразивный износ

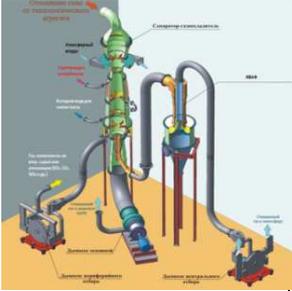
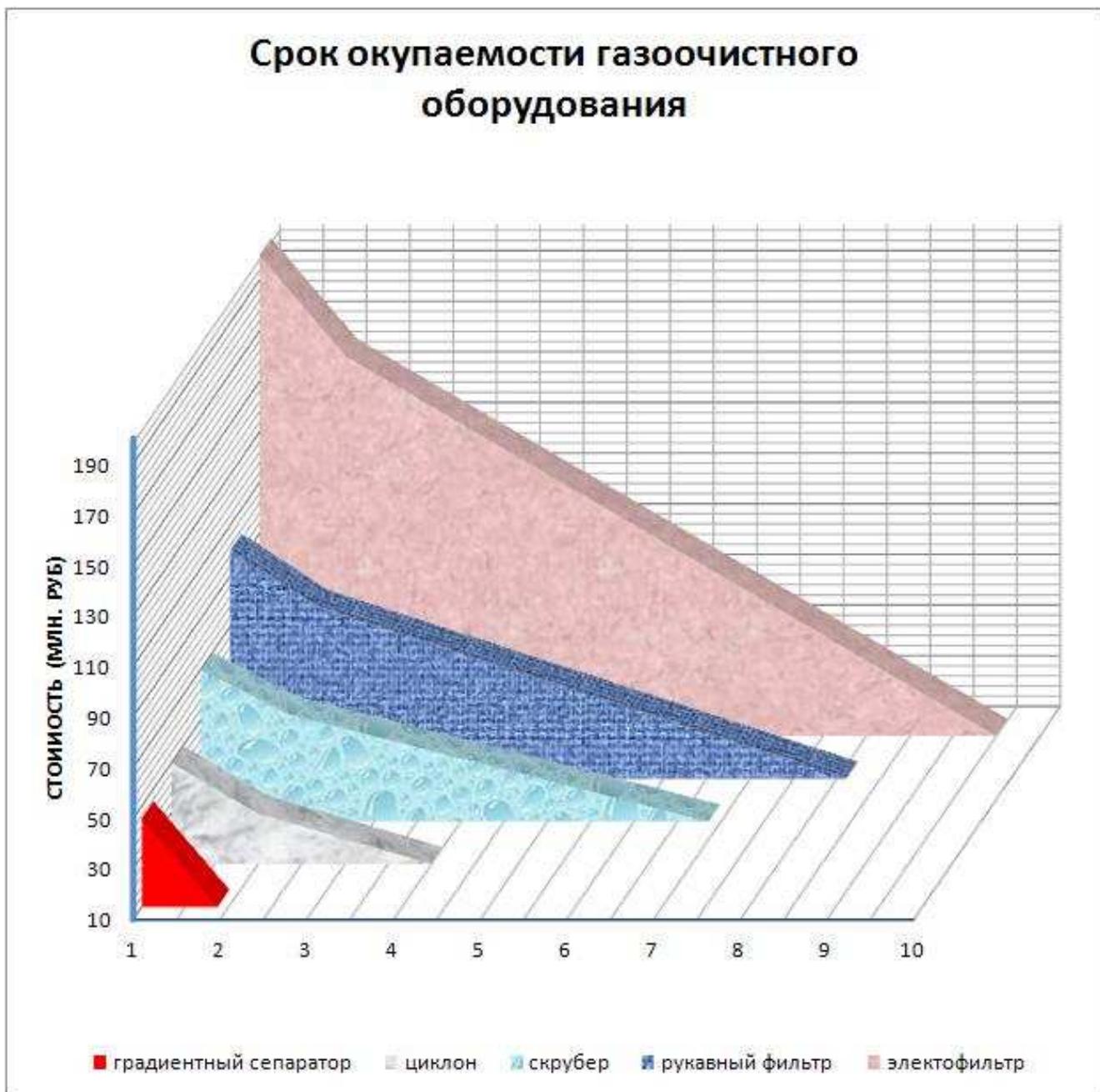
<p>Скруббер</p> 	<p>60 млн. руб. (используется ограниченно за счёт постоянного расхода технологического носителя (воды), необходимости экранирования и коррозии)</p>	<p>замена металлоконструкции при коррозии, от 5 млн. руб.</p>	<p>Эл. энергия на тягодутьевые машины - 570 кВт/ч; -Прокатка и поставка технологического носителя (вода ит.д.)- в зависимости от способа подвода до 50% и более стоимости эксплуатации; -Комплекс автоматики- 5 кВт/ч.</p>	<p>Мокрый способ очистки требует дополнительного оборудования регенерации воды и устранения влияния агрессивных газов необходимых защищать антикоррозионными материалами.</p>
<p>Рукавный фильтр</p> 	<p>80 млн. руб. (практически не используется при наличии сернистых газов)</p>	<p>Замена фильтрующего материала: от 3 млн. руб. от раза в год, в зависимости от характеристик пылевидных частиц</p>	<p>Эл. энергия на тягодутьевые машины- 570 кВт/ч-1000 кВт/ч (при температурах выше 200 и наличии сернистых газов увеличение производительности до 2х и более раз для разбавления газов) -Комплекс автоматики- до 5 кВт/ч.</p>	<p>- высокое гидравлическое сопротивление - быстрый износ материала рукавов - нуждается в регенерации встряхиванием</p>
<p>Электрофильтр</p> 	<p>200 млн. руб. (наиболее распространённое газоочистное оборудование в ТЭК РФ)</p>	<p>Замена электродов: от 10 млн. руб. раз в несколько лет</p>	<p>Эл. энергия на тягодутьевые машины - до 900 кВт/ч из-за необходимости в малых скоростях газового потока; -Создание электромагнитных полей - 300 кВт/ч; -Комплекс автоматики- до 10 кВт/ч.</p>	<p>Высокая стоимость оборудования и высокие эксплуатационные расходы (эл. энергии)</p>
<p>Градиентный сепаратор</p> 	<p>45 млн. руб.</p>	<p>Замена внутренних узлов Градиентного сепаратора подверженных эрозионному износу от 500 тыс. руб. раз в несколько лет.</p>	<p>Эл. энергия на тягодутьевые машины- 500-570 кВт/ч</p>	<p>Не выявлены</p>

График окупаемости с учётом к.п.д., эффективности, а также капитальных и эксплуатационных затрат в среднем по промышленности.



Руководитель проекта

А.В. Ченцов