

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения
Кафедра «Энергетика»

Құдайбергел Абай Бейбетұлы

«Проектирование ТЭС с одновременной очисткой дымовых газов от оксидов
серы и азота»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6В07101– «Энергетика»

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения
Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ, профессор
НАО «КазНТУ им. К.И. Сатпаева» Е.А. Сарсенбаев
Институт энергетики и машиностроения 08 2023г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: «Проектирование ТЭС с одновременной очисткой дымовых газов от
оксидов серы и азота»

6B07101– «Энергетика»

Выполнил

Кудайберген А.Б.

Рецензент
Кандидат техн. наук,
Доцент кафедры
АО «АУЭИС им. Т.Даукеева»,
М.Е.Туманов
2023г.

Научный руководитель
PhD доктор, ассоц. профессор
Б. Онгар
« 05 » 06 2023г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

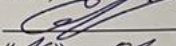
Институт энергетики и машиностроения
Кафедра «Энергетика»

6B07101– "Энергетика"

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой «Энергетика»

PhD, ассоц. профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«16» 01 2023г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающимся Кудайберген Абай Бейбетұлы

Тема: Проектирование ТЭС с одновременной очисткой дымовых газов от оксидов серы и азота

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам

Приказ № 408-п от «28» ноября 2022г.

Срок сдачи законченной работы «30» мая 2023г.

Исходные данные к работе:

Удельная стоимость топлива, используемого для производства одного кВт/ч, принимается равной 190-210 с.о./кВт/ч; а удельный расход топлива на одну Гкал тепловой энергии составляет 170-180 с.о.кг/Гкал.

Для ТЭЦ, работающих на газе, множитель состояния должен быть снижен на 15-20% по сравнению с ТЭЦ, работающими на твердом топливе.

Стоимость перевозки твердого топлива составляет 0,8-1,0 тенге/т-км. В расчетах плотность газа принята равной 0,83 кг/м³.

Краткое содержание дипломной работы:

а) Экологические требования к проектированию;

б) методы очистки продуктов сгорания;

в) Усовершенствование способа очистки дымовых газов.

Перечень графического материала: представлены 12 слайдов презентации работы

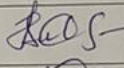
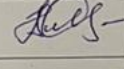
Рекомендуемая литература: из 16 наименований

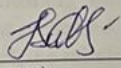
ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень рассматриваемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Основная часть	25.03.2023 г.	нет
Специальная часть	28.04.2023 г.	нет
Нормоконтроль		нет

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основной раздел	Б.Онгар PhD, ассоц. профессор	05.06.2023 г.	
Специальный раздел	Б.Онгар PhD, ассоц. профессор	05.06.2023 г.	
Нормоконтроль	А.О. Бердибеков, магистр техн. наук, ст. преподаватель	07.06.2023	

Научный руководитель  Б.Онгар
(подпись)

Задание принял к исполнению обучающаяся  А.Б.Кудайберген
(подпись)

Дата « 05 » 06 2023г.

АНДАТПА

Дипломдық жоба түтін газдарын зиянды заттардан тазартатын жылу электр станцияларын жобалауға арналған. Есептер, схемалар және кестелер ұсынылған.

Тазалау әдістерін жетілдіру бөлімінде түтін газдарын тазартудың жетілдірілген, зияндылығы аз, үнемді жолдары көрсетілген. Техникалық-экономикалық бөлімде жабдықтың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігі, қызмет көрсету шарттары, персонал мен металл шығыны есептелді.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект посвящен проектированию ТЭС с очисткой дымовых газов от вредных веществ. Представлены расчеты, схемы и таблицы.

В разделе усовершенствования методов очистки приведены улучшенные, менее вредные, экономные способы чистки дымовых газов.

В технико-экономической части был проведен расчет надежности и долговечности оборудования, условий обслуживания, персонала и расхода металла.

ANNOTATION

The diploma project is devoted to the design of thermal power plants with flue gas cleaning from harmful substances. Calculations, schemes and tables are presented.

In the section on improving cleaning methods, improved, less harmful, economical ways to clean flue gases are presented.

In the technical and economic part, the reliability and durability of equipment, service conditions, personnel and metal consumption were calculated.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
1 Экологические требования к проектированию тепловых электростанций и пути их выполнения	9
1.1 Основное назначение и характеристики тэс	9
1.2 Экологические и санитарные требования к веществам	11
1.3 Требования к объектам обезвреживания вредных веществ	13
1.4 Способы очистки дымовых газов от сернистых газов	14
1.5 Способы очистки дыма от оксидов азота	16
2 Методы и технологии очистки продуктов сгорания	18
2.1 Виды снижения NO_x и SO_2 в дымовых газах	18
2.2 Карбамидный метод	19
2.3 Комбинированная технология	23
2.4 Методы с использованием комплексов железа	24
2.5 ShI-метод с использованием комплексных солей железа и извести.	24
2.6 Метод chr-mcs (смазочно-охлаждающие жидкости)	25
2.7 Озоно-аммиачный метод	27
2.8 Нетрадиционные способы очистки дымовых газов	30
3 Усовершенствование способа очистки продуктов сгорания	32
3.1 Экономический отчет о производственной деятельности тэц-1	32
3.1.1 Бизнес план	32
3.1.2 Определение годовой выработки электроэнергии тэц	33
3.1.3 Определение расхода топлива	34
3.1.4 Расчет эффективности использования топлива	35
3.1.5 Расчет затрат на воду	35
3.1.6 Расчет трудозатрат	35
3.1.7 Расчет амортизационных отчислений	36
3.1.8 Расчет текущих затрат на содержание	37
3.1.9 Расчет платежей за выбросы	37
3.1.10 Расчет общезаводских и цеховых затрат	37
3.1.11 Расчет стоимости передачи энергии	38
3.1.12 Экономическая оценка строительства и эксплуатации тэц	39
3.1.13 Метод определения прв чистой приведенной стоимости	40
3.2 Безопасность жизни	41
3.2.1 Климатическая характеристика района размещения апк тэц-1	41
3.2.2 Описание производства как источника загрязнения	42
3.2.3 Описание влияния очагов на основное производство тэц-1	43
3.3 Разработка безотходной технологии переработки продуктов	50
3.3.1 Обоснование необходимости очистки дымовых газов атэц-1	50
3.3.2 Расчет экологического ущерба, причиняемого атэц-1	51
3.3.3 Безозоновый безаммиачный метод очистки	53

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

Существует глубокая связь и зависимость между обеспечением условий потребления тепловой энергии и загрязнением окружающей среды. Эти два фактора, очень необходимые для жизнедеятельности человека и необходимость развития промышленности, требуют большего внимания к проблеме теплоэнергетики и экологических отношений.

На основных этапах развития теплоэнергетики внимание в первую очередь было сосредоточено на устойчивом обеспечении теплоэнергией производственных объектов и жилых домов. После этого внимание было обращено на полное и эффективное использование природных ресурсов и усовершенствование тепловых электростанций. В связи с увеличением мощности тепловых электростанций и уровня потребления тепловой энергии возникла проблема снижения загрязнителей атмосферного воздуха.

В настоящее время взаимосвязь между тепловой энергией и окружающей средой рассматривается по-новому благодаря таким проблемам, как «кислотные» дожди, парниковый эффект, увеличение содержания в атмосфере веществ, не только токсичных для человека, но и также изнашивают здания. Ожидается, что уровень использования тепловой энергии в ближайшем будущем значительно возрастет, а это значит, что возрастет различное воздействие тепловой энергии на атмосферу. Поэтому очистка воздуха от продуктов теплоэнергетических узлов и станций (ТЭЦ и ТЭС) является одной из актуальных проблем.

Вот почему методы очистки продуктов сгорания от вредных веществ должны быть учтены при проектировании ТЭЦ.

Форма исследования:

ТЭЦ, где продукты сгорания очищаются от оксидов серы и азота

Цель исследования:

Проектирование тепловых электростанций, где продукты сгорания обрабатываются вместе с оксидами серы и азота. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи. Они:

Определение основного назначения и характеристик ТЭС;

Экологические и санитарные требования к веществам, выбрасываемым в атмосферу;

Выбор способа и технологии очистки продуктов сгорания от оксидов серы и азота.

Составление технологического проекта без остатка или с очень небольшим остатком путем анализа и усовершенствования методов очистки продуктов сгорания ТЭС от вредных газов, таких как оксиды серы и азота.

Методы, использованные в ходе исследования:

Анализ требований к проектированию ТЭС;

Анализ методов выбора основных установок ТЭС;

Экспертиза и совершенствование методов и технологий очистки продуктов сгорания тепловых электростанций от оксидов серы и азота.

Новизна исследования.

Предложен новый способ очистки продуктов сгорания от оксидов серы и азота, совмещенный с извлечением минеральных удобрений. В результате добавления в газовый поток озона и паров воды образуются азотная и серная кислоты, а при впрыскивании в поток аммиака образуются сульфат и нитрат аммония.

Область применения результатов работы на практике.

Процесс проектирования тепловой электростанции, реализующий безотходные технологии улавливания вредных веществ (таких как оксиды серы и азота) из котла и дымовой трубы.

1 Экологические требования к проектированию тепловых электростанций и пути их выполнения

Требованием современности является эффективное использование топлива для производства тепловых явлений и наименьший ущерб окружающей среде, т.е. сохранение окружающей среды. И вместе решать возникающие проблемы. Это очень сложная проблема. Потому что используемые ими на практике методы пока приводят либо к противоположным результатам, либо к удвоению капитальных и эксплуатационных затрат.

Сложность проблемы не только в познании производства тепла, но и в повышении его качества, рациональности, максимальном снижении вредных затрат и ущерба окружающей среде.

1.1 Основное назначение и характеристики ТЭС

Основное назначение электростанций – обеспечение электроэнергией производственных объектов, сельскохозяйственных учреждений, электрифицированного транспорта и населения. Тепловые электростанции также обеспечивают паром и горячей водой производственные объекты и здания.

Особенностью работы электростанций является фактическое согласование вырабатываемой и передаваемой электроэнергии.

Единство производства и потребления электроэнергии предъявляет очень высокие требования к основным характеристикам электростанции. Удовлетворение требования надежности означает непрерывное производство электрической и тепловой энергии в соответствии с графиком спроса и диспетчеризации нагрузки.

Основа высокой надежности установок и линий связи должна закладываться при их рассмотрении и монтаже, при проектировании электростанций в целом и сопровождаться высокой культурой работы ТЭЦ, своевременным и тщательным обслуживанием.

Даже при соблюдении этих требований вероятны аварии и катастрофы на электростанциях. В таком случае снабжение потребителей электрической энергией возлагается на дополнительные новые агрегаты и энергоблоки.

В первом приближении надежности агрегата или силового агрегата коэффициент подготовки составляет:

$$P = \frac{T_{\text{дай}}}{T_{\text{дай}} + T_{\text{аж}}}, \quad (1.1)$$

Здесь $T_{\text{гот}} = T_{\text{раб}} + T_{\text{рез}} + T_{\text{дай}}$ — время готовности агрегата;
 $T_{\text{раб}}$ - рабочее время; $T_{\text{рез}}$ -резервное (дополнительное) время; Аварии и несчастные случаи время восстановления (ч/год). Годовой период ТЭЦ включает в себя плановый ремонт, а в отдельные годы и капитальный ремонт.
 Недостоверность единичного коэффициента аварийности:

$$q = \frac{T_{\text{ж.ж.}}}{T_{\text{дай}} + T_{\text{ж.ж.}}} = 1 - p, \quad (1.2)$$

Показатели p и q определяют в годичных или других длительных интервалах времени, где основными временами должны быть $T_{\text{раб}}$ и $T_{\text{гот}}$, а $T_{\text{ж.ж.}}$ как можно меньшим. Знание значения p позволяет количественно описать надежность силовой установки.

Второе основное требование к силовым установкам – экономичность. Два типа хозяйства — здания и использование — совместимы в одном аспекте, но противоположны в другом. В состав производственных затрат включаются также перечисления из единовременных затрат в амортизацию сооружений и зданий (восстановление работоспособности в процессе эксплуатации). Чем дороже электростанции, тем больше будет этих трансфертов.

Основной составляющей себестоимости производства ТЭЦ являются затраты на топливо. Экономия топлива и снижение затрат на него требуют технического совершенствования установок и приводят к их удорожанию.

Для оценки двух видов затрат электростанций - капитальных при строительстве и годовых при эксплуатации - используется обобщенный показатель эффективности, называемый затратами на безубыточность. В целом КПД силовой установки характеризуется следующими показателями.

Они:

коэффициент полезного действия силовой установки;

удельная стоимость топлива, используемого для производства электрической (тепловой) энергии;

величина отпускаемой тепловой или электрической энергии, относительная величина потерь в электрических и тепловых сетях;

соотношение эффективности-прибыли и основных фондов производства и оборотных средств;

собственные капитальные затраты, необходимые для строительства энергетических объектов;

собственная численность сотрудников.

Частоту электрического тока в энергосистемах следует поддерживать на уровне 50 Гц, чтобы отклонение не превышало 0,1 Гц, а кратковременно не превышало 0,2 Гц. Требования к электростанциям - безопасность поставщиков услуг и условия обязательного обслуживания установок.

Среди заданных требований к электростанциям экология

в том числе охрана окружающей среды, воздуха и водоемов, их экологическая также включает в себя соглашение об обеспечении. Экологичность электростанций означает безвредность выделяемого тепла, золы и мусора, дымовых газов, радиоактивных отходов, электромагнитных полей и других побочных продуктов производства для жителей, животных и растений.

1.2 Экологические и санитарные требования к веществам, выбрасываемым в атмосферу

Одной из основных причин, ограничивающих мощность ТЭС или требующих дополнительных капитальных затрат на ее строительство, является загрязнение атмосферного воздуха вредными веществами, выбрасываемыми из дымовой трубы.

Через дымовую трубу при сжигании мазута выбрасываются летучая зола и несгоревшее топливо, оксиды серы, продукты преждевременного сгорания топлива, а также дополнительные соединения ванадия, соли натрия, частицы сажи. Некоторые виды топлива содержат такие вещества, как мышьяк, диоксид кремния и оксид кальция.

При сжигании природного газа выделяются в основном оксиды азота и небольшое количество сажи.

Присадки в дымовых газах: при определенной концентрации наносят значительный вред организму человека, растений и животных, при этом изнашивают механизмы, усиливают процесс окисления металлов, разрушают строения.

Для оценки влияния выбрасываемых в атмосферу веществ на организм человека вводится понятие пороговой концентрации (ПРК, ПДК). ПРК – это концентрация вредных веществ, которые прямо или косвенно не вредят человеку, не снижают производительность его труда, не влияют на его настроение и самочувствие.

Таблица 1.1 – Перечень и коды загрязнителей атмосферного воздуха

Наименование	Степень опасности	ПРК, мг/м ³	
		Ожноразовое, максимал	Суточное, среднее
Угольная зола ТЭЦ	2	0,05	0,02
Двуокись азота (NO ₂)	2	0,085	0,04
Оксид азота (NO)	3	0,15	0,06
Сажа	3	0,15	0,05
Диоксид серы (SO ₂)	3	0,5	0,05

Зола мазута ТЭЦ	2		0,002
Сланцевая зола	3	0,3	0,1
Угарный газ (CO)	4	5,0	3,0

Продолжение таблицы 1.1

Наименование	Степень опасности	ШРК, мг/м ³	
		Ожноразовое, максимал	Суточное, среднее
Бенз(а)пирен	1		$1 \cdot 10^{-9}$
Пятиокись ванадия (V ₂ O ₅)	1		$0,3 \cdot 10^{-3}$
Сероводород	2	0,08	
хлор	2	0,1	0,03
Фенол	2	0,01	0,003
Бензин	4	5,0	1,5

Основные вредные вещества, загрязняющие атмосферу: зола, диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, летучие органические соединения. Выделим их вредную деятельность.

Диоксид серы SO₂. Двуокись серы очень вредна для зеленых растений. Он вызывает у растений хлороз (пожелтение или обесцвечивание листьев) и останавливает их рост. Поражает дыхательные пути человека и вызывает удушье. Его длительное воздействие вызывает у человека заболевание, похожее на хронический бронхит. Прямое воздействие газа SO₂ на человека незначительно, но в атмосфере он реагирует с парами воды с образованием серной кислоты, которая с воздухом попадает в легкие и повреждает клетки. Наибольший вред для человека находится в легких накопление солей SO₂ с пылью в атмосфере.

Оксиды азота NO_x. Высокая концентрация диоксида азота имеет сладкий запах. Вместе с оксидом серы он участвует в образовании фотохимических шлаков в атмосфере. Этот газ поражает нижние отделы легких и причиняет много вреда человеку с такими заболеваниями, как бронхит и астма. Человек, отравленный им, склонен к воспалению легких. NO₂ реагирует с водой в атмосфере и образует азотную кислоту, которая уничтожает зеленые поля и леса. NO инициирует реакции, разрушающие озоновый слой в атмосфере, защищающий землю от ультрафиолетовых лучей.

Угарный газ (CO). CO, продукт преждевременного сгорания топлива, взаимодействует с гемоглобином крови в 200 раз активнее кислорода, поэтому даже в небольшой концентрации оказывает вредное воздействие на человека. Его объемная концентрация 0,01% вызывает головную боль и замедляет мозговую деятельность. Его количество можно уменьшить (или даже исключить) за счет регулировки режима сжигания топлива.

Вещества, занимающие первое место по степени вреда для окружающей среды и человека: Двуокись серы - SO₂ и оксиды азота - NO_x.

Поэтому большое внимание уделяется качественной и недорогой очистке дымовых газов от этих веществ.

1.3 Требования к объектам обезвреживания вредных веществ

При проектировании ТЭС для защиты жителей от вредных веществ их отделяют от жилых массивов санитарно-защитными зонами с таким расчетом, чтобы количество вредных веществ в атмосфере не превышало СРК. Площадь санитарно-защитной зоны определяется количеством вредных веществ, выбрасываемых ТЭС, и преобладающим направлением ветра.

ШРК достигается за счет установки качественных золоуловителей на угольных ТЭЦ и высоких дымовых труб с длительным рассеиванием дымовых газов.

Высота дымохода

$$H = \sqrt{\frac{m \cdot A \cdot M_{SO_2} \cdot F}{C_{ШРК}}} \sqrt{\frac{n}{V \Delta T}}; \quad [М] [М] \quad (1.3)$$

Здесь: $C_{ШРК}$ - ШРК вредного вещества мг/м³; A - коэффициент, связанный с температурной стратификацией атмосферы (изменение тепла в зависимости от высоты), определяющий вертикальную и горизонтальную дисперсию пыли, для Казахстана $A=200$; F - коэффициент, учитывающий падение частиц под действием силы тяжести ($F=2$ для золы, $F=1$ для SO_2); M - общее количество SO_2 , выбрасываемое из всех дымовых труб одинаковой высоты, г/с; m - коэффициент, учитывающий скорость газа, выходящего из дымоходов ($m=1$ при $W=10-15$ м/с; $m=0,9$ при $W=20-25$ м/с; $m=0,8$ при $W=30-35$ м/с); n - количество дымовых труб одинаковой высоты; V общий объем газа, выбрасываемого из дымовых труб, м³/с; ΔT - разница между газом, выходящим из дымохода, и температурой окружающего воздуха, ΔT определяется для летнего периода и дневного времени;

Основным параметром, определяющим высоту дымохода, является второй выброс газа SO_2 .

Выпуск SO_2

$$M_{SO_2} = 39 \cdot b_m \cdot S^{np} \cdot N \cdot b_m \cdot S^{np} \cdot N; \quad [г/с] [г/с] \quad (1.4)$$

Выпуск пепла

$$M_k = 10B \left(A^E + q_4 \frac{Q_T^E}{32.7} \right) \cdot \alpha_{шы} (1 - \eta_{кф}); \quad [г/с]$$

$$M_k = 10B \left(A^E + q_4 \frac{Q_T^E}{32.7} \right) \cdot \alpha_{шы} (1 - \eta_{кф}); \quad [г/с] \quad (1.5)$$

Здесь: $b_m - b_m$ – удельный расход топлива, г, кВт·саг; $N - N$ – мощность электростанции; МВт; $S^{np} - S^{np}$ – сера в топливе, %; $q_4 - q_4$ – потеря топлива из-за преждевременного сгорания, %; $Q_T^E - Q_T^E$ – меньшая теплота сгорания, МДж/кг; $A^E - A^E$ – пепельность топлива, %; $\alpha_{шы} - \alpha_{шы}$ – доля золы, удаляемой из зоны горения; $B - B$ – потребление топлива, кг/с; $\eta_{\kappa\Gamma} - \eta_{\kappa\Gamma}$ – эффективность золоуловителя.

При наличии производственных объектов, загрязняющих атмосферу подобными веществами в районе, где будет построена электростанция, до высоты дымовой трубы

$$H' = H \sqrt{\frac{C_{\text{шрк}}}{C_{\text{шрк}} - C_{\Phi}}} \quad H' = H \sqrt{\frac{C_{\text{шрк}}}{C_{\text{шрк}} - C_{\Phi}}} \quad (1.6)$$

$C_{\Phi} - C_{\Phi}$ – тоновая (фоновая) концентрация вредных веществ.

Если ТЭЦ одновременно выбрасывает в атмосферу SO_2 и оксиды азота, то вредный эффект рассчитывается с учетом их двойного действия. Их суммарная концентрация, выраженная через ШРК

$$\frac{C_{\text{SO}_2}}{C_{\text{шркSO}_2}} + \frac{C_{\text{NO}_x}}{C_{\text{шркNO}_x}} \leq 1$$

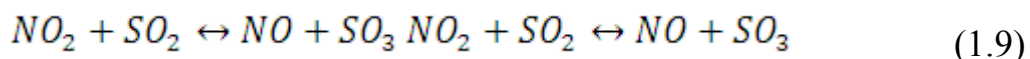
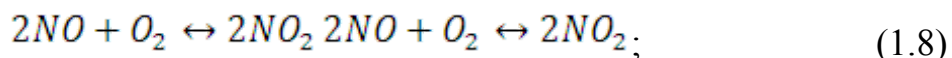
$$\frac{C_{\text{SO}_2}}{C_{\text{шркSO}_2}} + \frac{C_{\text{NO}_x}}{C_{\text{шркNO}_x}} \leq 1 \quad (1.)$$

Здесь: $C_{\text{SO}_2} C_{\text{SO}_2}$ и $C_{\text{NO}_x} C_{\text{NO}_x}$, SO_2 и NO_x фактические концентрации; а $C_{\text{шркSO}_2} C_{\text{шркSO}_2}$ и $C_{\text{шркNO}_x} C_{\text{шркNO}_x}$ предельные концентрации

1.4 Способы очистки дымовых газов от сернистых газов

Согласно решению Комитета по науке и методике РК от июля 1997 г. (ГОСТ 2643-86) продукты горения вблизи дымового колпака не должны содержать более 300-200 мг/м³ SO_3 и NO_x . Предельные значения выбросов вредных веществ (для паровых котлов, выпущенных на 01.01.1991 г.) 1999 г. Внесено союзным Минэнерго. А на практике, например, на тепловых станциях перевыполняет план в 2-3 раза в 4-5 раз. Эти оксиды очень вредны для окружающей среды. Поэтому методы сжигания должны быть

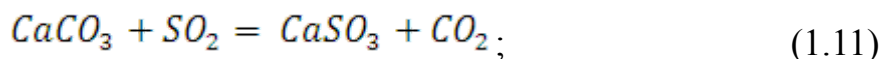
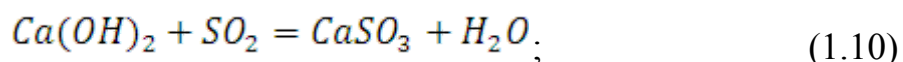
адаптированы для сведения к минимуму образования SO и NO. Оксид азота действует как катализатор реакции SO₂ и O₂ и влияет на образование вредных SO₃ и NO₂ из SO₂ и NO в следующих реакциях.



Проблема снижения содержания вредных веществ очень сложна и мало изучена. Однако давайте посмотрим на текущие успехи.

Оксид серы и образующийся при этом сероводород H₂S способны окислять металлы и разъедать толщину до 2 мм в год. Поэтому при сжигании дров лучше иметь их поменьше. Однако можно сказать, что эта проблема не решена снизу. По этой причине, прежде всего, рассмотрим способы уменьшения ущерба, наносимого окружающей среде вокруг установки.

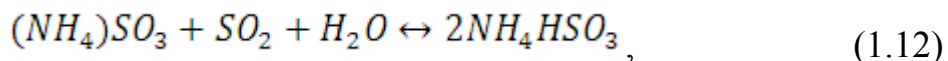
1) Метод мокрого отложения извести (извести) (мокрый известняк). Метод мокрой извести (извести) удаляет из газов около 90% SO₂. Этот метод основан на реакциях диоксида серы (известь-известняк) или карбоната кальция:



2) Мокро-сухой метод (мокро-сухой метод). В этом методе известковая вода распыляется в струю горячего дыма, ее испаренные капли поглощаются, а образовавшийся сернистый кальций падает вниз по весу и затем превращается в строительный гипс. Преимуществом этого метода является сухость получаемого продукта, а недостатком - использование качественной извести вместо дешевого известкового осадка.

3) В циклическом магнезитовом методе (магнезитовый циклический метод). В циклическом магнезитовом способе (метод магнезитового цикла), Такое положение и добавление серной кислоты делают способ слишком сложным, а недостатком является быстрый износ оборудования.

4) В аммиачно-циркуляционном методе (аммиачно-циклический метод). Раствор сульфита или бисульфита аммония и реакция поглощения основного оксида серы в циклическом аммиачном методе (аммиачно-циклический метод)



5) Озоновый метод. В озоновом методе NO_x и SO_2 окисляются озоном и превращаются в N_2O_5 и SO_3 , попадают в воду, превращаются в азотную и серную кислоты и последовательно поглощают оксиды азота и серы. Этот способ является экологически и промышленно продуктивным, если в него добавляют золу и ее биогенные медь, марганец, бор, фосфор и др. Но этот метод требует 6-10% мощности станции. Кроме того, объекты слишком велики, требуют большого обслуживания, а окисление серной и азотной кислот очень вредно.

6) Метод сухого отложения извести. Сухой метод отложения извести является самым простым и дешевым в установке. В этом методе известкового осадка или доломитовой ткани берется в два раза больше стехиометрической потребности в топливной сере, добавляется в топливо и поджигается.

Основным недостатком этого метода является то, что зола и сульфат кальция налипают на поверхности тела в пределах 700-1000. Этот метод является наиболее правильным методом, если поток очага намеренно регулируется.

7) Очистка топлива от серы перед розжигом. Углеродный сернистый пирит (пирит) FeS_2 подразделяется на три типа: физический (органический цера) и сульфатный. Поскольку телесная сера равномерно распределяется по всему телу, ее нельзя отличить по влажному или сухому обогащению (бочачению). Сульфата может быть больше половины серы. Колчаданский уголь имеет очень низкое содержание серы. А пиритная форма серы может составлять более половины всей серы в угле.

1.5 Способы очистки дыма от оксидов азота

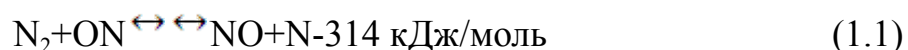
Причины образования оксидов азота при сгорании топлива. Закись азота делится на три типа: скоростная, воздушная и топливная (первые два вида называются термическими):

$$\text{NO} = \text{NO}^{\text{ж}} + \text{NO}^{\text{а}} + \text{NO}^{\text{о}}, \quad (1.13)$$

Для свободного расщепления молекул кислорода и азота на атомы требуется от 2000 до 3000 теплот. Однако, если температура превышает 1500 К или меньше из-за туннелирования или других причин, молекула кислорода может атомизироваться:



Образовавшийся высокоактивный атом кислорода вызывает следующую реакцию



Образовавшийся высокоактивный атом азота не требующий реакции будут продолжаться, вызывая следующую реакцию и высвобождая оксид азота.



Записав скорости реакций по закону действующих масс, равновесная концентрация оксида азота будет следующей:

$$[\text{NO}^\alpha] = 2500 \sqrt{\frac{\alpha-1}{\alpha+\Delta\alpha_r}} \cdot \exp(-10800/T) \quad (1.17)$$

где α – число воздухообмена, а – увеличение продуктов сгорания за счет воздухообмена.

Если $T=1873 \text{ К}$; Принимая $\alpha=1,2$ и $\Delta\alpha=0,1$, получаем $3,071 \text{ г/м}^3$. Этот пример показывает, что равновесная концентрация оксида азота во много раз выше реальных значений.

Методы восстановления оксидов азота. Методы восстановления оксида азота, прежде всего действия против основы его образования.

1. Термические методы. Оксид азота в воздушной форме экспоненциально увеличивается с увеличением теплоты сгорания. Поэтому лучше иметь более низкую температуру горения. На самом деле, если охлаждаемый (например, 450 после экономайзера) уменьшить примерно до 20% и впрыскивать в места сжигания, оксидов азота образуется до 50% меньше.

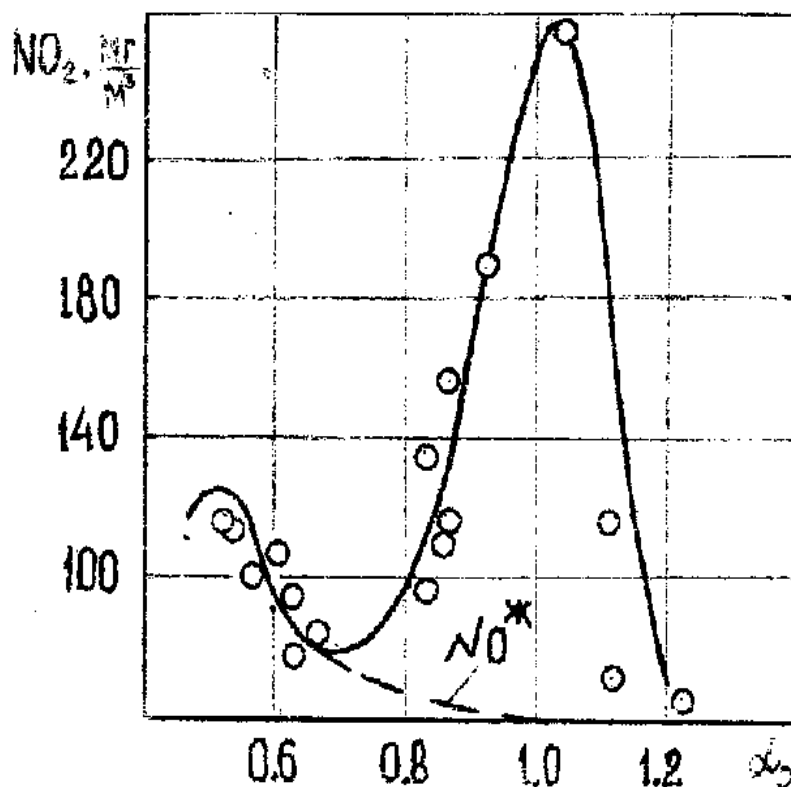
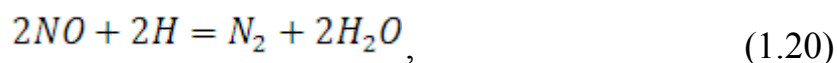
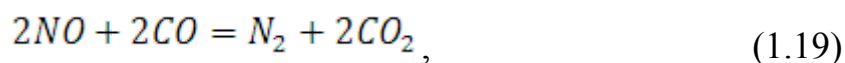
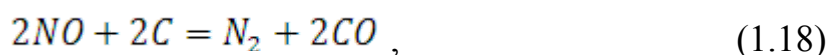


Рисунок 1.1- Изменение расхода оксидов азота в паровом котле БКЗ-210-140Ф, работающем на природном газе (на месте после ЦУТ) в зависимости от множителя воздухообильности горна

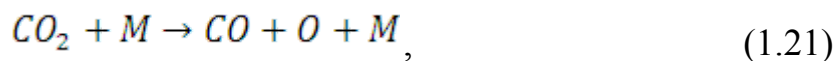
NOx – быстрый оксид азота; NO₂ теоретический вывод о тепловом движении; O - заключение производственного опыта.

1) Способ восстановления. Метод восстановления основан на следующей химической реакции:



А для угарного газа и водорода реально два-три угольных порошка применяются ступенчатыми методами. И дополнить воспламенение топлива оставшая часть требуемого воздуха подается как верхний ряд (вторая ступень).

2) Этот метод очень сложно использовать на практике. NO будет продолжать образовываться, только при встрече атомарного азота и кислорода. Кроме того, как термодинамически показано, атомарный кислород,

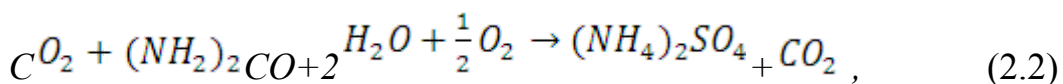
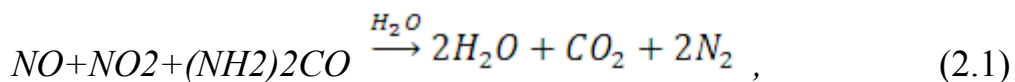


3) Методы химической очистки продуктов сгорания (метод химической газоочистки). Как упоминалось выше, если концентрация оксидов азота в продуктах сгорания слишком высока, несмотря на все усилия по их предотвращению, могут быть использованы дополнительные методы химической очистки. Они делятся на окислительные, неокислительные и поглощающие типы.

1.6 Карбамидный метод

Карбаминовый метод очищает дымовые газы более чем на 95% от оксидов азота и полностью от оксидов серы. Процесс не требует предварительной подготовки, в результате N_2 , образуются безвредные вещества, такие как CO_2 , H_2O и $(NH_4)_2SO_4$. Значение pH составляет от 5 до 9, поэтому не вызывает коррозии инструментов. Эффективность метода не зависит от вводимой концентрации оксидов азота и серы.

Процесс обычно следует следующим уравнениям реакции:



В действительности реакция оксида азота с карбамидом протекает по всем трем направлениям, а их смешение зависит от условий процесса.

Степень очистки дымовых газов от оксидов азота зависит от температуры, показанной на рисунке 2.1.

Одним из важных параметров очистки является степень окисления оксидов азота.

Реакция карбамида происходит путем сначала растворения воды и образования азотной кислоты NO_x . Для его образования требуется эквимолярное соотношение NO и NO_2 , поэтому $NO/NO_2 \approx 1$ в течение, Поглощение NO_x будет иметь максимальное значение (рисунок 2.2). Степень очистки дымовых газов зависит от концентрации карбамида, 95% очистки можно добиться даже при концентрации 40 г/л.

2 Методы и технологии очистки продуктов сгорания от оксидов серы и азота

В главе I упоминалось, что одним из основных требований к ТЭС являются экологические требования. Удовлетворение экологических требований требует установки на ТЭС установок по очистке продуктов сгорания от вредных газов и отходов. Очистные сооружения составляют до 20 % капитальных затрат на строительство ТЭС и увеличивают стоимость электроэнергии, отпускаемой потребителям, на 5-15 %.

Оксиды серы и азота составляют большую часть вредных веществ, вылетающих в атмосферу из дымовых труб ТЭС. Поэтому важной проблемой является немедленная очистка от них дымовых газов.

2.1 Виды снижения NO_x и SO_2 в дымовых газах методом ступенчатого сжигания топлива

Современные технологии одновременной очистки дымовых газов от газов SO_x и NO_x представляют собой комбинацию технологий ступенчатой очистки от SO_x и NO_x . Особенно это касается газофазных процессов и «полусухих» методов. Последний сочетает в себе жидкофазные и газофазные процессы, например, сочетая адсорбционные методы с использованием извести и активированного угля.

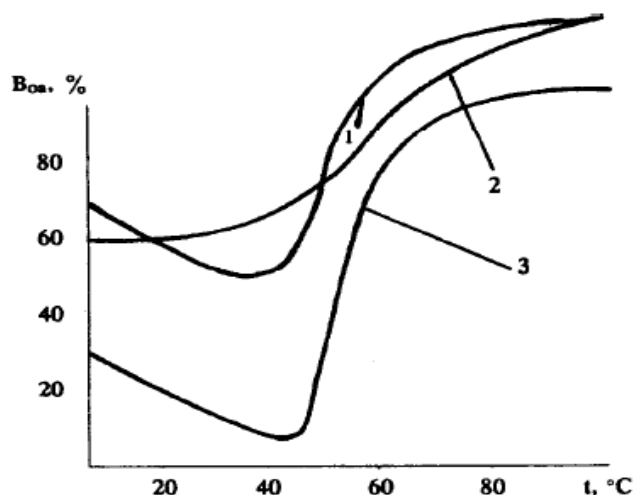


Рисунок 2.1- Тепловая зависимость степени очистки дымовых газов от оксидов азота ($\alpha = [\text{NO}_2]/([\text{NO}_2] + [\text{NO}])$ в разных степенях окисления): 1— $\alpha=50\%$; 2— $\alpha=90\%$; 3— $\alpha=10\%$

При изменении концентрации NO_x от 40 до 200 мг/м³ степень очистки изменяется от 63 до 95%, при дальнейшем увеличении концентрации до 1000 мг/м³ степень очистки увеличивается незначительно с 95 до 98%.

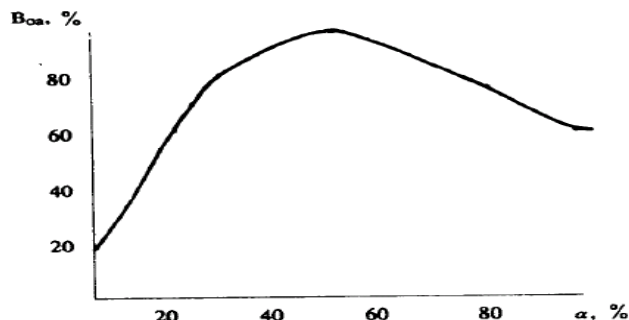


Рисунок 2.2- Степень очистки дымовых газов от оксидов азота зависит от степени их окисления

На рис. 2.2 СО дымовых газов₂ Показана зависимость степени очистки от температуры. Как и в случае очистки от оксидов азота, эта кривая также имеет минимум при 50-600°С. Когда температура превышает 600°С, эффективность процесса возрастает, а при 800°С достигает 980°С.

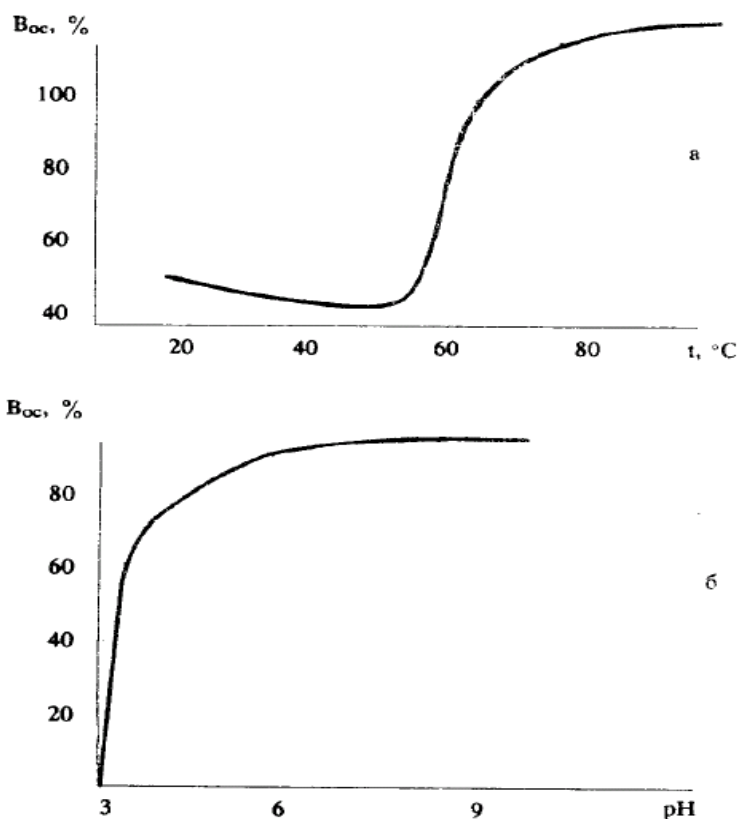


Рисунок 2.3- Зависимость степени очистки дымовых газов от SO_2 от температуры (а) и pH раствора карбамида (б)

При проведении процесса при сильном нагреве в результате медленного разложения карбамида и образования аммиака показатель pH повышается до 8,5-8,7. То есть теплота карбамида 70-95° решение между С является пограничным. Степень очистки зависит от концентрации карбамида и SO_2 , а также NO_x . При повышении концентрации карбамида от 5 до 40 г/л степень очистки увеличивается с 82 до 98%, а между 40-100 г/л практически не меняется. Если концентрация SO_2 превышает 200 мг/м³, степень его очистки не зависит от концентрации. Сульфат аммония образуется в абсорбционной жидкости при очистке дымовых газов от SO_2 . Накопление количества $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в растворе до 350 г/л не способствует степени очистки.

До степени очистки соотношение SO_2 : NO_x имеет большое значение. При растворении газы образуют различные соединения в зависимости от этого соотношения.

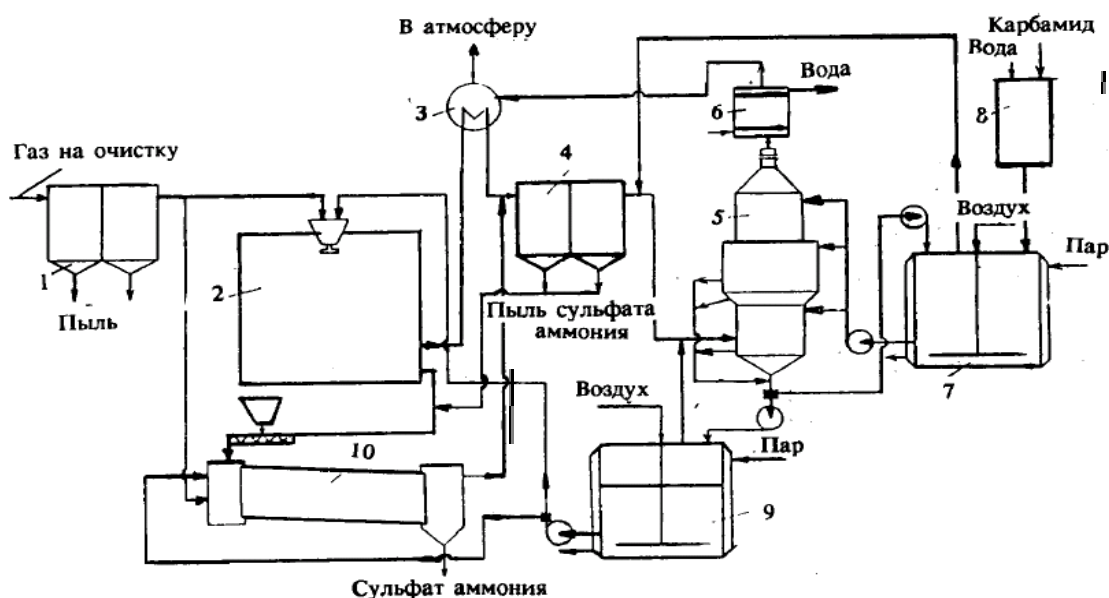


Рисунок 2.4- Азот и сера, извлечение сульфата кальция из дымовых газов

Накопление сульфата аммония в абсорбционном растворе вызывает проблемы с его очисткой. При получении сульфата аммония в виде готового продукта (рисунок 2.4) для его сушки используется тепло дымовых газов. Теплота дымовых газов, выходящих из электрофилтра (1), где осаждаются зола и пыльца, составляет 200°С. Они проходят через распылительную сушилку (2), теплообменник (3), электрофилтры (4) и поступают в адсорбер (5), где газы очищаются от оксидов азота и серы с помощью карбамида. Концентрированный раствор карбамида готовят в сосуде (8) и направляют в сосуд, вокруг которого циркулирует раствор абсорбента (7). Здесь их концентрацию доводят до 40 г/л, раствор гомогенизируют и окисляют воздухом до сульфата сульфита аммония. Завершивший работу раствор

Поглотительный раствор (9) готовят из концентрированного раствора

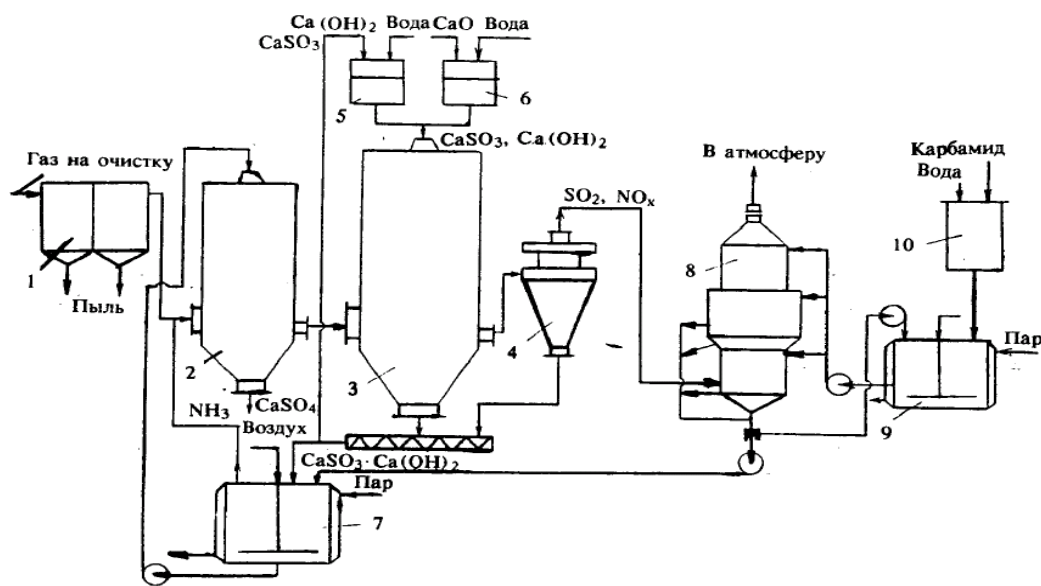


Рисунок 2.5 -Схема установки очистки дымовых газов от оксидов азота и серы гипсом

2.3 Методы с использованием комплексов железа

Для улучшения поглощения NO в водный раствор абсорбента добавляют хелатные комплексы двухвалентного железа. Для этой цели часто используют комплекс Fe(II). Во время поглощения NO он соединяется с хелатным соединением.

Он образует комплекс с уравнением. При этом происходит поглощение SO₂, который при растворении образует сульфит натрия. Сульфит натрия реагирует с NO, содержащимся в комплексе.

2.4 SHL-метод с использованием комплексных солей железа и извести

На рисунке 2.6 представлена схема установки, реализующей ШЛ-метод. После электрофильтра дымовые газы поступают на 1-ю ступень, где газ охлаждается до 45-60°C. На этом этапе газ распыляется водой и очищается от небольших количеств HCl, HF и пыли. Далее газ проходит через скруббер (2), где оксид серы и оксид азота поглощаются. Очищенный газ выбрасывается в атмосферу через дымоход. Вторым важным компонентом раствора является сульфит натрия или гидросульфит натрия и сульфат натрия.

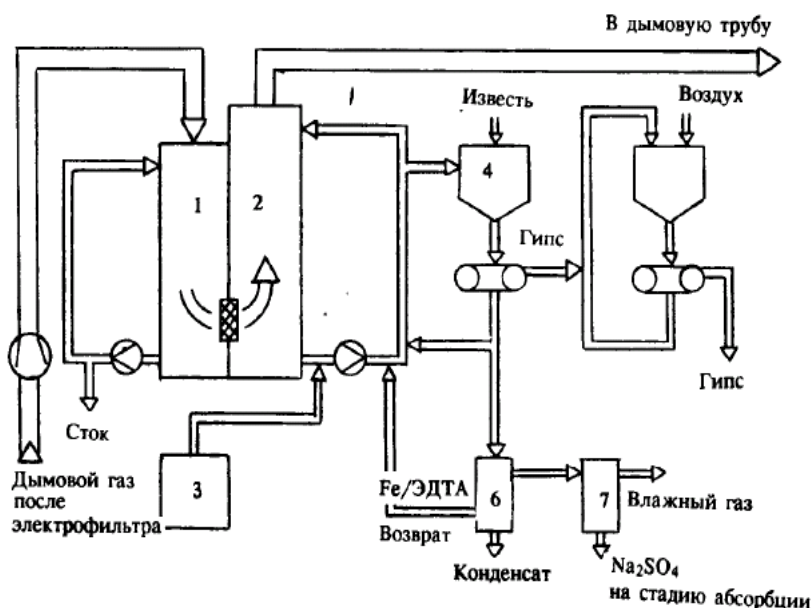


Рисунок 2.6 -Метод SHL с использованием Fe и Ca(OH)₂

Альтернативно, небольшая часть потока раствора циркулирует через электролизеры. Рассмотрим удаление сульфата из раствора NO до N₂. Небольшой поток раствора сорбента направляют в сосуд, в сосуд добавляют Ca(OH)₂. Здесь осаждается CaSO₄. Осветленный раствор направляют на окисление образовавшегося сульфита кальция и перераспределение продукта, состоящего из сульфита и сульфата кальция (гипса).

2.5 Метод СНР-МКС (смазочно-охлаждающие жидкости)

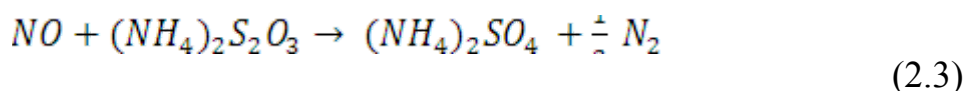
Процесс относится к абсорбционно-восстановительному типу и протекает в присутствии УК-гомогенного катализатора.

Отличия метода СНР-МКС от других методов:

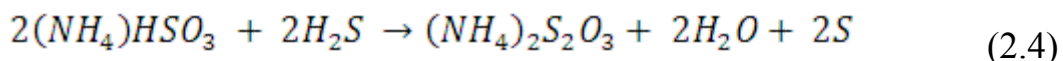
оксид азота не требует специального раскислителя, его функцию выполняет SO₂;

и т. д. помимо очистки железных газов от SO₂ на 99,9%, от NO_x на 93% позволяет получать серу и аммофосное удобрение из отходов производства; производство позволяет использовать основные единицы, которые производятся.

На первой стадии реакции в результате поглощения SO₂, помимо сульфита и гидросульфита аммония, оксиды азота реагируют с тиосульфатом аммония. Реакции, описывающие этот процесс:

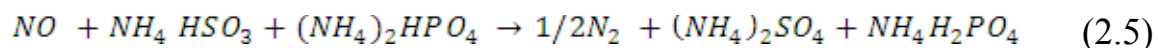


В большинстве случаев дымовые газы содержат SO₂ концентрации NO_x различаются примерно в десять раз. В это время из одной части сульфита аммония получают серу, а из другой части тиосульфат аммония:



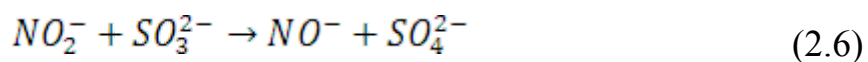
2

На рис. 2.7 представлена зависимость степени удаления SO₂ и NO_x из дымовых газов от степени смачивания газа.



Снижение степени смачивания приводит к снижению степени очистки, увеличение времени нахождения в поглотителе не меняет эту величину. Накопление нитритов в растворе зависит от степени очистки от NO_x (pH

<) существенно влияет. Это потому, что он находится в кислой среде. NO₂⁻:SO₃²⁻ реакция прямого окисления сульфита при:



для рН этой реакции значения могут быть заблокированы. Эта технология введена в эксплуатацию в Экибастузский (ГРЭС-3) в виде энергоблока мощностью 300 МВт.

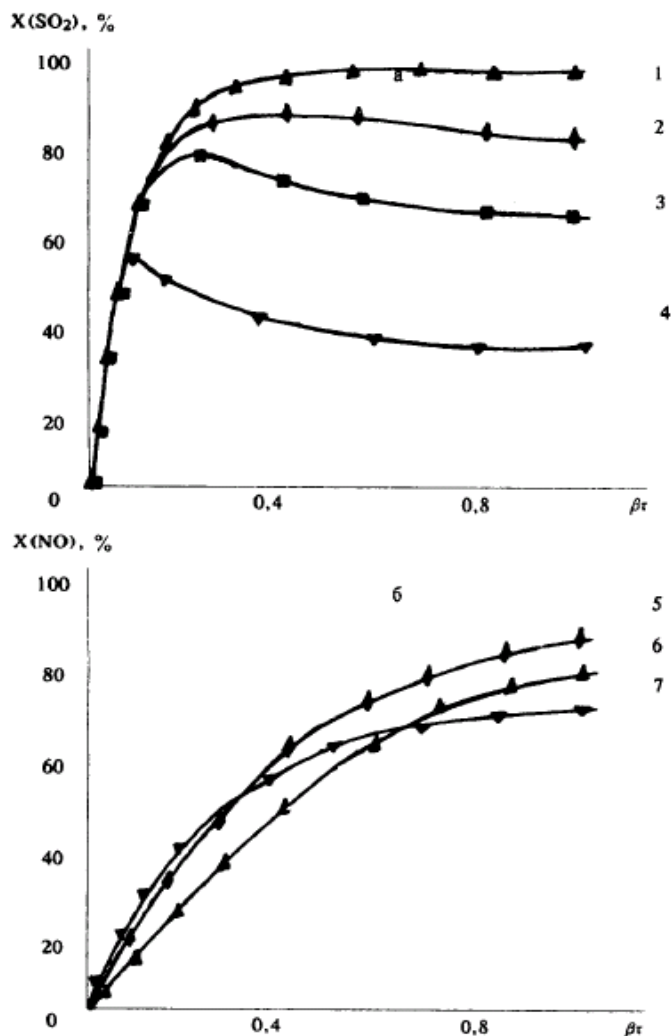


Рисунок 2.7- Зависимость степени поглощения SO₂ и NO от времени контакта (безразмерная) при различной плотности гидратации

На рисунке 2.7 представлена технологическая схема метода ТЭЦ-МСС. Схема состоит из пяти основных частей. Это: 1-поглотитель для поддержания жидкой золы и поглощения оксидов серы и азота; 2-поглотители сероводородных газов; 3-отделение серы от раствора; 4-сероводородная газификация; 5-приготовление абсорбционного раствора. Обезоленные дымовые газы направляются в хемосорбер (2) после абсорбера (1) для разделения SO₂ и NO_x. От золово-водяного резервуара не осталось и следа направляется в подключенный нейтрализатор (13), отсюда направляется в инсинератор. Хемосорбер (2) смачивается сорбционным раствором,

подаваемым распылением из накопителя (5) Дымовые газы, проходящие через зону распыления промывают в ротоклоне на дне хемосорбера (2).

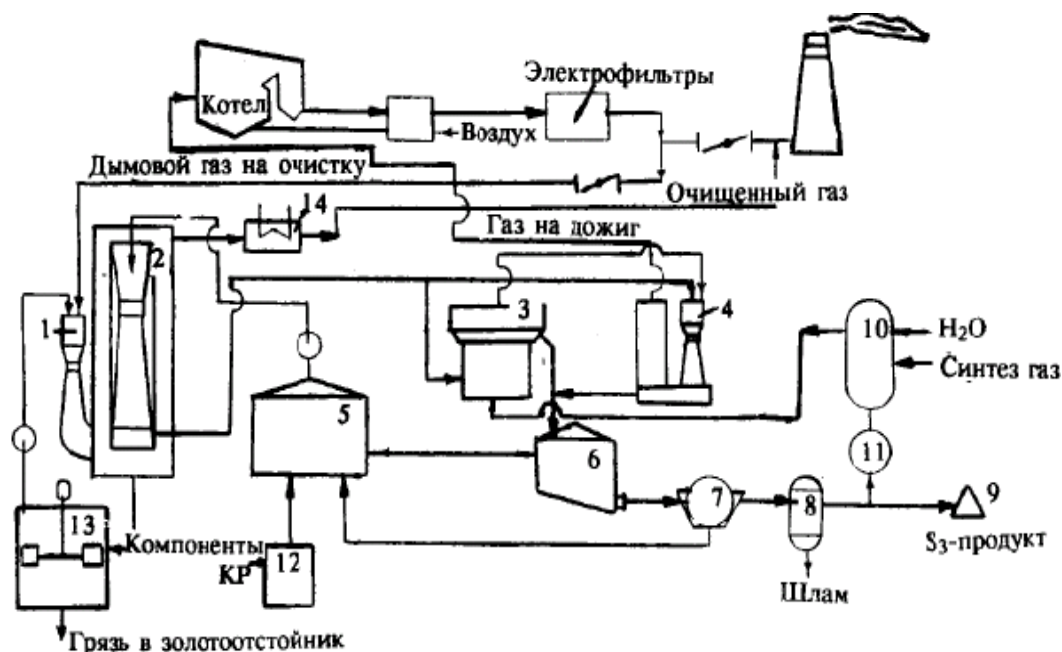


Рисунок 2.8- Технологическая схема метода ТЭЦ-МСС

При
 точке росы водяного пара очищенный газ проходит через каплеуловитель и после нагрева до 800С направляется в дымоход. Поглощенный SO₂ и NO_x раствор направляется в 3-й и 4-й аппараты. H₂S направляется им в противоположном направлении. В этих устройствах протекают реакции серообразования. Раствор серы направляют на сепаратор серы 6-7 аппаратов. Остальной газ H₂S направляется после абсорбера в котел на сжигание. Сера оседает в коллекторе (6), часть которой направляется на вакуум-фильтр (7).

0,1%-SO с технологией ТЭЦ-МСС₂, финансовые затраты на очистку 2 млн нм³/ч дымовых газов (блок 500 МВт), состоящих из 0,001%-SO₃, 0,01%-NO_x и 0,1-0,2 г/м³ механической смеси:

Сорбционные растворные смеси 3,8%

Катализатор УК-27-1 1,9%

Природный газ 7,7%

Электричество 46,4%

Тепловая энергия 37,1%

Остальное - сжатый воздух, вода и т.д.

Уровни очистки дымовых газов: 98% по SO_x и 82% NO_x.

2.6 Озоно-аммиачный метод

Дым, обеззоленный на 95-96% (1), направляется на установку удаления SO_2 и NO_x . В качестве поглотительного устройства установки используется влагоскруббер (4) с трехступенчатым коагулятором Вентури (2), к коагуляторам через распылители (3) подается абсорбирующий раствор (8) и озон (12). Озон производится на озонаторе ПТ-510 (11). Оксиды серы и азота, реагируя с озоном, поглощаются в абсорбционном растворе и образуют кислоты.

В процессе дымоочистки образуются аммонийные соли серы и азота, которые выводятся из оборота в виде удобрения с помощью насоса (13).

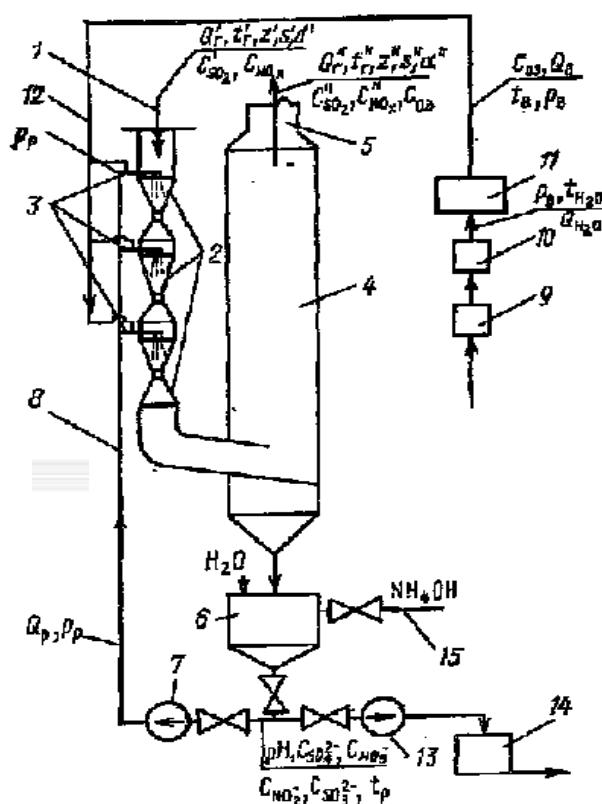


Рисунок 2.9 -Схема экспериментальной установки, реализующей озоно-аммиачный метод очистки дымовых газов от SO_2 и NO_x

На рисунке 2.9 дым SO_2 приведена зависимость эффективности удаления NO_x от расхода озона и времени контакта. Степень очистки дыма от SO_2 η_{SO_2} при увеличении концентрации озона от 0 до 0,2 г/м³ она быстро возрастает с 45-63 до 82-90%. При дальнейшем увеличении концентрации озона с 0,2 до 0,4 г/м³ степень очистки увеличивается всего на 3-4%.

Степень очистки от NO_x η_{NO_x} зависимость от концентрации озона η_{SO_2} выглядит как есть только одно исключение: концентрация озона продолжает медленно расти даже при повышении ее от 0,4 до 0,6 г/м³.

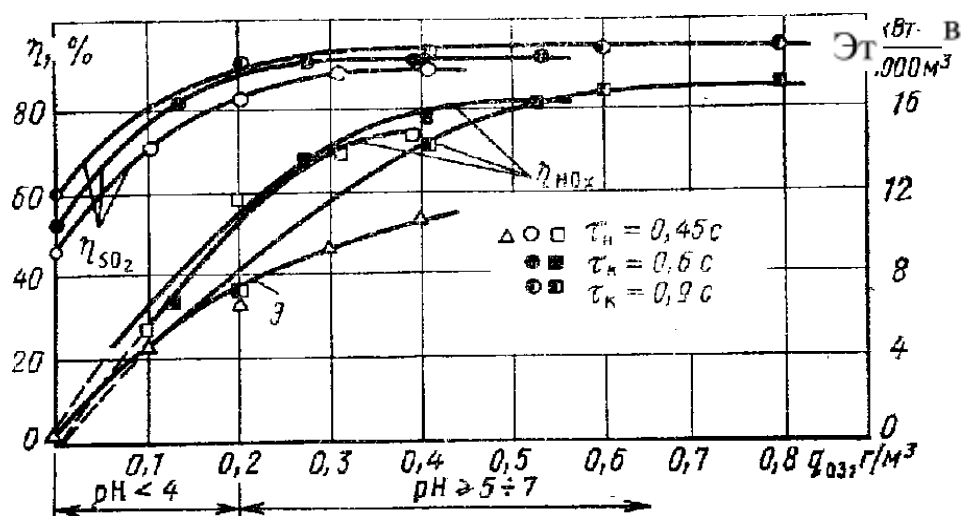


Рисунок 2.10- Зависимость эффективности дымоудаления SO_2 и NO_x от расхода озона и времени контакта

Из рисунка 2.10 можно выбрать наиболее эффективный режим работы агрегата. Для него $Q_{\text{т.г}} = 10000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\tau = 0,45 \text{ с}$, $q_{\text{O}_3} = 0,4 \text{ г/м}^3$

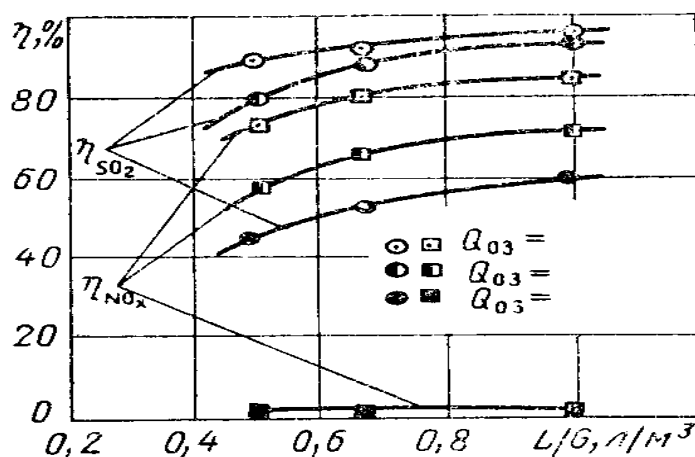


Рисунок 2.11-Зависимость степени очистки дыма от SO_2 и NO_x от плотности гидратации (ж/г)

Из рисунка 2.11 мы видим, что 80-90% очистка от NO_x может быть достигнута при значениях плотности гидратации (L/G) 0,5-1,0 л/м³.

Для производственных помещений значение L/G составляет 0,6-0,8 л/м³. Эффективно выбирать между. Из рисунка 2.7.2 видно, что увеличение

степени очистки от SO₂ и NO_x также увеличивает потребление энергии, которое определяется количеством произведенного озона.

Это показывает, что будущее предлагаемого озono-аммиачного процесса определяется эффективностью озонатора.

2.7 Нетрадиционные способы очистки дымовых газов от оксидов азота и серы.

В последние годы стремительно развиваются новые нетрадиционные методы очистки дымовых газов. Они:

Способ радиации для отравления;

Газообразный датчик с частицами (например, электронами).;

Газовый разряд (импульс и т.д. первая категория).

Эти методы производят аналогичные процессы в дымовых газах. Последний метод

Его преимуществом перед двумя предыдущими является технологичность, способность нейтрализовать многие виды вредных веществ одновременно, низкая стоимость и малое энергопотребление. В этом суть процесса газоочистки импульсным коронным разрядом. Сильное электрическое поле в газовой среде ($E \sim 150 \text{ кВ/см}$) создается, благодаря влиянию этого поля электроны могут возбуждать молекулы, ионизовать, радикалы и химически активные частицы (O, OH^- , H_2O_2 и так далее) получает достаточно энергии (5-15 эВ) для создания На второй стадии эти активные частицы реагируют с оксидами азота и серы.

Таблица 2.11- Энергии химической связи

Коммуникация	Энергии связи, эВ
SS	3,61
C=C	6,35
C-Ч	4.3
C-N	3.17
C=H	9.26

Энергии связи в табл. 2.1 ниже, чем энергии электронов в плазме, поэтому концентрация свободных радикалов очень высока.

3 Усовершенствование способа очистки продуктов сгорания ТЭЦ-1 совместно с оксидами серы и азота

3.1 Экономический отчет о производственной деятельности ТЭЦ-1

3.1.1 Бизнес план

Целью бизнес-плана является создание экономического плана и отчета о производственной деятельности ТЭЦ-1, которая будет осуществляться в рамках темы «Проектирование ТЭЦ, на которой продукты сгорания обрабатываются совместно с оксидами серы и азота».

В связи с прогнозом роста экономики Казахстана, реконструкцией производственных баз и мощностей, а также в связи с увеличением численности населения мощностей рабочих станций будет недостаточно, а дефицит тепловой и электрической энергии возрастет. Цель работы - закрепить теоретические знания в области экономики энергетики путем практического и инженерно-экономического расчета их затрат в условиях определенного объема производства электроэнергии и тепла.

Анализ технического состояния казахстанских электростанций показывает, что 50-60% их основных фондов изношены и уже подошли к концу срока службы. На некоторых станциях до сих пор работает оборудование 40-х годов, в основном немецкого производства.

Основными потребителями продукции являются жилой и административный фонд города. Вся электроэнергия вырабатывается с тепловым потреблением, то есть котлируется и может быть продана в систему по низкой цене.

ТЭЦ-1 не может работать на полную мощность, она находится в центре города и количество вырабатываемой электроэнергии ограничено выбросом вредных веществ в воздух. Следовательно, дефицит мощности будет продолжать расти и существующее оборудование будет морально устаревшим, а на строящейся, т.е. проектируемой станции, все оборудование будет новым, и в результате тариф действующих станций будет выше.

План производства.

- 1) Оформление входных методических документов
- 2) Создание договора с исполнителями
- 3) Получить кредит
- 4) Заказать оборудование.
- 5) Заключение договоров с энергоремонтными предприятиями.

Найм сотрудников.

Финансовый план.

1. 10% самой отрасли финансируется деньгами в виде ежегодных кредитов.

2. Побудить местные строительно-монтажные компании работать на основе тендера.

3. Ввод ТЭЦ в две смены.

Строительство и последующая эксплуатация ТЭЦ будет способствовать увеличению количества рабочих мест для строителей, инженеров-технологов и представителей других профессий.

Таблица 3.1 содержит основную информацию, необходимую для расчета.

Исходными данными для расчета являются годовые объемы производства электрической и тепловой энергии и удельный выход условного топлива, используемого для производства 1 кВт·ч электроэнергии и 1 Гкал тепловой энергии, вид топлива, его тепловая мощность (ккал/кг по углю и тенге/м³ по газу), цена топлива (тенге/т.т. по углю и тенге/м³ по газу), приведено транспортируемое расстояние от источника твердого топлива до станции (см. Таблицу 3.1) .

Таблица- 3.1- Исходные данные, необходимые для расчета

Э _{пр} , млн.кВт·ч	Q _{пр} , тыс. Гкал	Топливо	Q _б , ккал кг(м3)	Б _{топ} , тенге TOT(м3)	Г _м , ч
564	2800	газ	500	21	5400

Удельная стоимость топлива, используемого для производства одного кВт/ч, принимается равной 190-210 с.о.г/кВт/ч; а удельный расход топлива на одну Гкал тепловой энергии составляет 170-180 с.о.кг/Гкал.

Для ТЭЦ, работающих на газе, множитель состояния должен быть снижен на 15-20% по сравнению с ТЭЦ, работающими на твердом топливе.

Стоимость перевозки твердого топлива составляет 0,8-1,0 тенге/т-км. В расчетах плотность газа принята равной 0,83 кг/м³.

3.1.2 Определение годовой выработки электроэнергии ТЭЦ

В расчетах потребление электроэнергии, используемой принимается на личные нужды - 7% (Э_{лн}), и к тепловой энергии - 0,5 % (Q_{лн}).

Годовая передача электрической и тепловой энергии определяется следующими цифрами

$$Э_{пер} = Э_{пр} \cdot (1 - Э_{лн}) = 564 \cdot (1 - 0,07) = 524,52 , \text{ млн. кВтч}, \quad (3.1)$$

$$Q_{пер} = Q_{пр} \cdot (1 - Q_{лн}) = 2800 \cdot (1 - 0,005) = 2786 , \text{ тыс. Гкал}, \quad (3.2)$$

здесь $\mathcal{E}_{\text{пр}}$ и $Q_{\text{пр}}$ – годовое производство электрической и тепловой энергии.

Здесь необходимо скорректировать затраты собственного топлива, используемого на электрическую и тепловую энергию, произведенную за счет переданной энергии, Он определяется следующим образом

$$B_{\mathcal{E}} = B_{\mathcal{E}} : \mathcal{E}_{\text{пер}} = 210 \text{ гр у. т./кВтч}, \quad (3.3)$$

$$B_T = B_{\text{ж}} : Q_{\text{пер}} = 180 \text{ кг у.т./Гкал}, \quad (3.4)$$

3.1.3 Определение расхода топлива

Годовой расход топлива, используемого для производства электрической и тепловой энергии

$$B_{\mathcal{E}} = \mathcal{E}_0 \cdot b_{\mathcal{E}} = 524,52 \cdot 210/1000 = 110,15, \text{ тыс т.у.т}, \quad (3.5)$$

$$B_T = Q_0 \cdot b_m = 2786 \cdot 180/1000 = 501,48, \text{ тыс т.у.т}. \quad (3.6)$$

Общий расход топлива ТЭЦ

$$B_p = B_{\mathcal{E}} + B_{\text{ж}} = 110,15 + 501,48 = 611,63, \text{ тыс т.у.т}. \quad (3.7)$$

Если затраты на топливо и его транспортировку определяются на основе природного топлива, то количества, определяемые на выходе топлива, должны быть переведены на природное топливо. Выход природного топлива будет следующим

$$B_T = B_{\text{ш}} \cdot K_a = 611,63 \cdot 0,87 = 532,12, \text{ тыс т.у.т}, \quad (3.8)$$

K_a - коэффициент пересчета условного топлива в природное получается из соотношения тепловых мощностей условного и природного топлива

Затраты на перевозку одной тонны твердого топлива

$$B_{\text{перев}} = R \cdot (0,8 - 1,0) = 0,2 \text{ тенге/т.у.т}, \quad (3.9)$$

Стоимость подвода природного газа по магистральному газопроводу и доставки его на станцию включена в цену закупки газа.

Составляющая затрат на топливо находится в форме ниже

$$\text{Ш}_{\text{топ}} = B_T (B_{\text{топ}} + B_{\text{перев}}) = 532,12 \cdot 21/1000 = 11,174 \text{ млн. тенге}, \quad (3.10)$$

3.1.4 Расчет эффективности использования топлива

Известно, что в устройстве с таким же КПД для получения 1 кВт·ч электроэнергии требуется 123 г.у.т., а для получения 1 Гкал тепловой энергии – 143 кг.у. т. КПД топлива с учетом затрат электрической и тепловой энергии на собственные нужды

$$\text{КПД}_э = 123 : b_э * 100 = 123/210 * 100 = 58,57\%, \quad (3.11)$$

$$\text{КПД}_ж = 143 : b_ж * 100 = 143/180 * 100 = 79,44\%. \quad (3.12)$$

КПД расхода топлива станции будет следующим

$$\text{КПД} = \frac{0,86 \cdot \mathcal{E}_{ж16} + Q_{ж16}}{7 \cdot B} \cdot 100 = \frac{(0,86 \cdot 524,52 + 2786) \cdot 100}{7 \cdot 611,63} = 75,6\% \quad (3.13)$$

где 0,86 – коэффициент преобразования электрической энергии в тепловую; 7 - тепловая мощность условного топлива, 7000 ккал/кг.

3.1.5. Расчет затрат на воду

В ТЭЦ вода используется для охлаждения пара в роликовых осушителях, дополнения систем теплоснабжения, охлаждения генераторов и трансформаторов, очистки от золы и т.д. потрачено. Для сложных расчетов затраты на водоснабжение находятся следующим образом

$$\text{Ш}_в = \mathcal{E}_в \cdot (0,15) = 564 \cdot 0,15 = 84,6 \text{ млн.тенге}, \quad (3.14)$$

3.1.6 Расчет трудозатрат

Необходимо знать его номер, чтобы определить заработную плату, затраченную на производственно-обслуживающий персонал(ПОП) ТЭЦ. Количество ПОП можно определить с помощью коэффициента штатного расписания, который показывает, сколько человек требуется на 1 МВт электроэнергии, установленной на электростанции. Установленную электрическую мощность станции можно определить по максимальному количеству часов использования этой мощности и объему годовой выработки электроэнергии, т.е.

$$N_{уст} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{T_m} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{T_m} = 210, \text{ МВт}, \quad (3.15)$$

Максимальное количество часов использования установленной мощности T_m принимаем равным 5400 часов. ТЭЦ отправляет тепловую энергию на отопление и горячее водоснабжение общей жилой и

общественной застройки. По литературным и практическим данным можно получить Кш: для ТЭЦ установленной мощностью более 500 МВт - 1,3 -1,5 чел/ МВт, мощностью менее 500 МВт, если - 1,6 - 1,8 чел/МВт. Как указано в задании, при работе ТЭЦ на природном газе значение Кш уменьшается на 15-20%. Численность работников станции определяется следующим образом

$$K_P = K_{ш} \cdot K_{орн} = 210 \cdot 1,8 = 378 \text{ человек,} \quad (3.16)$$

Входящие в сводный фонд оплаты труда:

Основная заработная плата ($\Pi_{озп}$), в которую входит заработная плата работников, занятых в технологическом процессе производства энергии, а также связанные с отработанным временем (тарифные ставки и обязательные ежемесячные платежи, премии работников из фонда оплаты труда, доплаты за работа в праздничные и ночные часы и т.д.) б.) оплата также включена;

к дополнительной заработной плате ($\Pi_{дзп}$) относятся выплаты, не связанные с рабочим временем (обычные, дополнительные и учебные отпуска и выплаты, связанные с исполнением государственных обязанностей и др.);

выплаты из заработной платы ($\Pi_{взп}$) включают социальные налоги и отчисления в пенсионный фонд. Цифра, определяющая общий фонд заработной платы, равна этому.

$$\Pi_{зп} = \Pi_{озп} + \Pi_{дзп} + \Pi_{взп} = 181,44 + 27,22 + 44,86 = 253,52 \text{ млн.тенге} \quad (3.17)$$

Среднегодовая базовая заработная плата принята равной 108 000 тенге на одного работника.

3.1.7 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления называются финансовой компенсацией естественного и морального износа оборудования и используются для капитального ремонта и приобретения нового оборудования взамен изношенного (реновация).

Амортизационные пороги определены Указом Президента Республики Казахстан № 2235 от 24.04.95 г., имеющим силу закона, выше которого нормы амортизации не могут быть применены..

При проведении предварительных расчетов для определения цены основных производственных фондов (капитальных вложений) в странах СНГ и дальнего зарубежья широко используется показатель $K_{соб}$ собственных капитальных вложений.

$$K = K_{соб} \cdot N_{орн} = (1795 \cdot 210 \cdot 1000 \cdot 150) / 1000000 = 56542,5 \text{ млн. тенге,}$$

(3.18)

В среднем, в зависимости от суммарной мощности агрегатов и станции, вида используемого топлива норма амортизации составляет от 6 до 8%. Для проведения общих расчетов необходимо принять нормы амортизационных отчислений в размере 7% от К

$$\text{Ш}_a = 0,07 \cdot K = 0,07 \cdot 56542,5 = 3957,98 \text{ млн.тенге,} \quad (3.19)$$

3.1.8 Расчет текущих затрат на содержание

Помимо затрат на текущий ремонт производственного оборудования, данная составляющая затрат включает затраты на технический осмотр и обслуживание оборудования в процессе эксплуатации (обтирочные и смазочные материалы) и определяется как

$$\text{Ш}_c = 0,15 \cdot \text{Ш}_a = 3957,98 \cdot 0,15 = 593,70 \text{ млн.тенге,} \quad (3.20)$$

3.1.9 Расчет платежей за выбросы

Размер платы за выброс вредных веществ зависит от объема выбросов. Они, в свою очередь, зависят от вида сжигаемого топлива (уголь, газ, мазут), его количества и способа улавливания вредных веществ (электрофилльтры, эмульгаторы). Определено, что размер платы за выбросы при сжигании каражирского угля находится в пределах 60 тенге за тонну природного топлива, где

$$\text{Ш}_{\text{выб}} = (60) \cdot V_t = 60 \cdot 532,12 / 1000 = 31,93 \text{ млн.тенге,} \quad (3.21)$$

3.1.10 Расчет общезаводских и цеховых затрат

В эту составляющую входят административные расходы (зарплата, канцелярские расходы, командировочные),

Для расчета диапазона мы можем использовать эту формулу

$$\text{Ш}_{\text{общ}} = (0,25) \cdot (\text{Ш}_a + \text{Ш}_{\text{зн}} + \text{Ш}_{\text{пер}}) = 0,25 \cdot (3957,98 + 253,52 + 593,70) = 1201,3 \text{ млн. тг.} \quad (3.24)$$

3.1.11 Расчет стоимости передачи энергии

Необходимо разделить затраты, связанные с производством электрической и тепловой энергии ТЭЦ, на эти составляющие. Это распределение затрат осуществляется по формуле

$$K_p = \frac{B_3}{B_{\text{ш}}} = \frac{110,15}{611,63} = 0,18 = \frac{B_3}{B_{\text{ш}}} = \frac{110,15}{611,63} = 0,18 \quad (3.25)$$

Он показывает, сколько топлива (в единицах или %) было потрачено на отправку электроэнергии, а разница $(1-K_6)$ показывает долю топлива, израсходованного на тепловую энергию. Расчет следует вести на природном или обычном топливе. Затем в зависимости от вида передаваемой энергии необходимо разделить стоимость на каждую составляющую, аналогично полученным множителям, и занести результаты в Таблицу 3.2.

Таблица-3.2-Составляющие себестоимости производства электрической и тепловой энергии

Компоненты затрат	Ш, общ, млн.тг	Ш _{э,эл.эне} рг. млн.тг	Ш _{ж,} тепло, млн.тг
Топливо, Ш _{топ}	11,17	2,01	9,16
Вода, Ш _в	84,6	15,24	69,36
Заработная плата, Ш _{зп}	253,52	45,66	207,86
Амортизационные отчисления, Ш _а	3958,0	712,80	3245,18
Ремонт, Ш _р	593,70	106,92	486,78
Общее станционное, Ш _{ос}	1201,30	216,34	984,95
Плата за выбросы, Ш _{выб}	31,93	5,75	26,18
Все расходы	6134,19	1104,71	5029,47

Стоимость передачи электроэнергии определяется следующим образом (сумма третьего столбца таблицы 3.2.

$$\begin{aligned} \text{Ш}_{\text{топ}} + \text{Ш}_{\text{с}} + \text{Ш}_{\text{зп}} + \text{Ш}_{\text{а}} + \text{Ш}_{\text{р}} + \text{Ш}_{\text{ос}} + \text{Ш}_{\text{выб}} &= 1104,71, \\ S_3 &= 2,11 \text{ тг/кВтч} \end{aligned} \quad (3.26)$$

$$\mathcal{E}_{\text{отпр}} = 524,52 \quad (3.27)$$

Стоимость передачи тепловой энергии определяется следующим образом (плата четвертого столбца таблицы 4)

$$\text{Ш}_{\text{отын}} + \text{Ш}_{\text{с}} + \text{Ш}_{\text{еа}} + \text{Ш}_{\text{а}} + \text{Ш}_{\text{ж}} + \text{Ш}_{\text{жс}} + \text{Ш}_{\text{шыг}} = 5029,47 \cdot 1000$$

$$S_T = 1805,27 \text{ тг/Гкал}$$

$$Q_{\text{отпр}} = 2786 \quad (3.28)$$

3.1.12 Экономическая оценка строительства и эксплуатации ТЭЦ

Экономическая оценка строительства и использования ТЭЦ обычно проводится на начальных этапах принятия решений на основе создания бизнес-плана, если он показывает хорошие результаты, создается инвестиционный проект.

Сложность финансово-экономической оценки строительства крупных энергетических объектов и их использования обусловлена тем, что инвестиции осуществляются в несколько этапов и длительностью результатов реализации проекта.

Конечно, на практике не все 5 методов оценки инвестиционных проектов используются одинаково. Поэтому в данной работе используются только первые 3 метода.

В расчетах долевое распределение капитала строительства ТЭЦ (К) выглядит следующим образом: 80% построит государство, 20% предоставит АО «Энергоинвест». Эти средства используются только на строительство станции, а также на текущие расходы в течение первого года работы станции. Эксплуатационные расходы второго и последующих лет эксплуатации включаются в стоимость электрической и тепловой энергии, а значит, включаются и в их тариф.

Известно, что для оценки инвестиционного проекта используются всего четыре показателя.:

I_0 – первоначальные инвестиции;

CF - поток денежных средств, направленных на погашение кредита;

r - процентная ставка банка по кредиту (10%);

n - календарный год кредита.

При создании и анализе инвестиционных проектов самое сложное – рассчитать прибыль и КФ финансового потока, направляемого на погашение кредита. Допустим, рентабельность тарифа на передачу электроэнергии и тепла нашей ТЭЦ составляет 25%

$$T_{\text{э}} = S_{\text{э}} \cdot 1,25 = 1,25 \cdot 2,11 = 2,63 \text{ тенге/кВтч}, \quad (3.29)$$

$$T_{\text{т}} = S_{\text{т}} \cdot 1,25 = 1,25 \cdot 1805,27 = 2256,58 \text{ тенге/Гкал}, \quad (3.30)$$

Доход ТЭЦ от реализации электрической и тепловой энергии равен:

$$\text{Доход} = T_{\text{э}} \cdot \Delta_{\text{отп}} + T_{\text{т}} \cdot Q_{\text{отп}} = 2,63 \cdot 524,52 \cdot 10^6 + (2256,58 \cdot 2786 \cdot 10^3) = 76677,3 \text{ млн.тг} \quad (3.31)$$

а общие затраты определяются следующим образом:

$$P = S_{\text{э}} \cdot \Delta_{\text{отп}} + S_{\text{ж}} \cdot Q_{\text{отп}} = 2,11 \cdot 524,52 \cdot 10^6 + 1805,27 \cdot 2786 \cdot 10^3 = 61341,9 \text{ млн.тенге}. \quad (3.32)$$

Их разница дает сумму прибыли:

$$\Pi = \text{Доход} - P = 76677,3 - 61314,9 = 1533,5 \text{ млн.тенге.} \quad (3.33)$$

Чистая прибыль после уплаты налога на прибыль равна 20%,

$$\text{ЧП} = \Pi \cdot (0,8) = 1533,5 \cdot 0,8 = 1227 \text{ млн.тенге} \quad (3.34)$$

он целиком идет на погашение кредита банку, отсюда и финансовый поток CF.

3.1.13 Метод определения NPV чистой приведенной стоимости

Это метод определения инвестиций, который показывает, насколько может увеличиться стоимость ТЭЦ в результате реализации инвестиционного проекта (или показывает чистую прибыль от этих инвестиций в данный период), и определяется следующим образом:

$$NPV = \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} - I_0 = \sum_1^n \frac{CF_n}{(1+r)^n} - I_0 \quad (3.35)$$

I_0 – первоначальные финансовые вложения.

Первоначальные минимальные инвестиционные финансовые взносы ТЭЦ

$$I_0 = 0,2 \cdot K + 0,4 \cdot P = 13762,17 \text{ млн.тг,} \quad (3.36)$$

Таблица 3.3 Расчет NPV

Год	CF	R10	PV10	NPV
0	-13762,17	1,00	-13762,17	-13762,175
1	1226,84	0,91	1115,31	-12646,868
2	1226,84	0,83	1013,92	-11632,953
3	1226,84	0,75	921,74	-10711,212
4	1226,84	0,68	837,95	-9873,265
5	1226,84	0,62	761,77	-9111,496
6	1226,84	0,56	692,52	-8418,978
7	1226,84	0,51	629,56	-7789,417
8	1226,84	0,47	572,33	-7217,088
9	1226,84	0,42	520,30	-6696,789
10	1226,84	0,39	473,00	-6223,790
11	1226,84	0,35	430,00	-5793,791

NPV рассчитывается до первого положительного значения PV. Если расчет неэффективен в пересчете на годы в данный период, то следует пересмотреть стратегию проекта - увеличить CF или найти банк с более низким г.

13 762 млн тенге на реализацию ТЭЦ-1 в город Алматы. нужно получить кредит, при ставке банковского кредита 10 процентов ТЭЦ окупит вложения за 11 лет.

3.2 Безопасность жизни

3.2.1 Климатическая характеристика района размещения АПК ТЭЦ-1

АПК ТЭЦ-1 расположена в центре города Алматы. Географическое положение города отличается особой погодой. Средняя температура холодного дня по городу -25°C , максимальная температура самого жаркого дня $+29,5^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум температуры -38°C , абсолютный максимум температуры $+42^{\circ}\text{C}$.

Показатели	Месяцы											
	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Жара, $^{\circ}\text{C}$	-7,4	-5,6	1,8	16,2	20,6	23,3	22,3	16,9	9,5	0,8	-4,8	8,7
Влажность, %	82	82	82	65	60	51	50	56	70	83	84	69

Таблица 3.4-Среднемесячная температура и влажность воздуха

Город расположен посредине большой и малой алматинских рек, настоящей равнины нет. Местный горный массив находится между 680 м и 1030 м, а перепад высот не превышает 50 м на 1 км. Среднемесячные и годовые значения скорости ветра в Алматы колеблются в пределах 1-2 м/с. Это показано в таблице 3.5.

Таблица 3.5-Среднемесячная и годовая скорость ветра

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Скорость ветра, м/с	1,1	1,2	1,5	1,9	2,1	2,2	2,2	2,2	2,1	1,7	1,2	1,1	1,7

По показателям в таблице видно, что ветер смещается с юго-восточного на южный. Изменилась и скорость ветра, теперь она составляет 3 м/с, прежнее значение было 5 м/с. Обилие безветренного сомкнутого воздуха составляет 45% летом и -77% зимой, поэтому выбросы пыли в городе остаются на поверхности земли и участвуют в образовании тумана.

Среднемесячное и годовое количество осадков составляет около 55 мм в год, а среднесуточный максимум — около 74 мм. В среднем 40 дней в году в Алматы снежные.

3.2.2 Описание производства как источника загрязнения атмосферного воздуха

Промышленность АПК ТЭЦ-1 основана на производстве тепловой и электрической энергии. Утвержденная к производству энергетическая мощность составляет 145 МВт. Тепловая мощность производства-1 460,728 МВт (1256 Гкал/ч)

Комплекс ТЭЦ-1 состоит из следующих основных функциональных систем:

- основной корпус, состоящий из энергетических котлов и труб. Здесь вырабатывается тепловая энергия в виде горячей воды до 100°C, пара и электроэнергии, необходимой для промышленного производства.;

- от водогрейного котла, который дополнительно нагревает нагретую от основного корпуса сетевую воду выше 100°C;

- химобработка для подготовки питьевой воды и поливной воды с твердым, жидким и газообразным топливом;

- очистка от золы и шлаков электропередачи и передачи;

- комплект накопительных баков и насосных станций для подачи горячей воды в городскую тепломагистраль;

- вспомогательные производства и цеха для обеспечения производственной деятельности отрасли.

В настоящее время на ТЭЦ-1 АПК имеется 7 энергетических, 7 водогрейных котлов и 3 трубопровода для производства электроэнергии.

- на проектное топливо: уголь, мазут, газ для энергетических котлов;

- к водогрейному котлу подается газ и мазут;

- Дымовые газы, образующиеся при сгорании топлива, удаляются через 5 дымоходов.

3.2.3 Описание влияния очагов на основное производство ТЭЦ-1

Источники выброса загрязняющих веществ в атмосферу АТЭЦ-1 делятся на стационарные и передвижные. Источники постоянного сброса подразделяются на организованные и неорганизованные. При инвентаризации АТЭЦ-1 выявлено 48 постоянных, в том числе 22 неорганизованных источника сброса. Основным источником загрязнения атмосферного воздуха является котлоагрегат котельного цеха АТЭЦ-1. Этот

агрегат основан на получении высокотемпературного пара за счет сжигания топлива в горелке..

Таблица 3.6 -Максимальный разовый сброс загрязняющих веществ

Наименование загрязняющих веществ	Максимальная мощность, Мi, г/с		
	Январь 2013 г	Февраль 2016 г.	Февраль 2021 г
Неопределенная пыль (20-70 % SiO ₂)	407,514	449,480	479,181
Мазут, зола (V ₂ O ₅)	1,943	1,221	0,078
Диоксид серы (SO ₂)	648,342	541,926	433,909
Диоксид Азота (NO ₂)	237,478	203,457	148,727
Оксид Азота (NO)	44,840	39,306	30,418
Угарный газ (CO)	58,181	41,249	13,125
Всего Мi	1529,298	1317,639	1115,438
	100%	87%	85%

Для расчета выхода вредных веществ использовалась методика, утвержденная Министерством экологии и биоресурсов. Котлы № 7, 8, 9, 12, 13 АТЭЦ-1 оборудованы мокрыми скрубберами с трубками Вентури с целью снижения выброса вредных веществ в атмосферу. Их расчетный КПД составляет 96%. Энергетические котлы № 10, 11 оснащены эмульгаторами. По проекту запыленность дымовых газов, проходящих через эмульгатор, составляет 500мл/м3. КПД-98,5%.

3.2.4 Анализ относительного и абсолютного показателя выбросов загрязняющих веществ дымовой трубой ТЭЦ-1

Абсолютная величина выбросов загрязняющих веществ в атмосферу ТЭС определяется производительностью станции и качеством топлива. Сравнение для коррекции по абсолютному показателю выработки следует сравнивать с установками одинаковой производительности и качества топлива. Но это вызывает проблемы. В таблице приведены производственные данные ТЭЦ-1 в 2013 и 2021 годах. В таблице по данным 2013 г. зола углей уменьшилась в 1,7 раза, азотная кислота в 2,1 раза, диоксид серы в 1,09 раза. СО-2 увеличился в 2,5 раза. Общее количество вредных веществ, выброшенных ТЭЦ-1 за период 2013-2021 гг., приведено в таблице 3.7.

Таблица 3.7-Количество вредных веществ, выброшенных в атмосферу ТЭЦ-1 в 2013-2021 гг.

Вещества		г.			20 г.	
	Отчет о данных	Аудиторский отчет	Разность	Отчет о данных	Аудиторский отчет	Разность
Угольная зола	142	742	-1 600	651	535	-1884
SO ₂	599	553	+46	466	946	-480
NO ₂	480	656	-176	1 85	762	-1 477
NO	03	32	-29	09	49	-240
CO	1 36	01*	+1 035	56	21*	+335
Мазутная зола	9	15	-6	8	6	+2
Всего	69	1 99*	-730	75 .	1 19*	-3744

В данной дипломной работе проектировался газотурбинный агрегат ТЭЦ-1 в г. Алматы. Согласно тепловому расчету проекта будут установлены две газотурбинные установки и две котлоагрегата на тепломагистральной воде.

Здесь определяется количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при сжигании природного газа. Высота дымовых труб для отвода газов $H=80$ м, диаметр горловины $D=4,5$ м, скорость выхода газов $w_0=15$ м/с, температура газовой смеси $T_r = 180$ °С, температура окружающей среды $T_b = 23$ °С, масса выбросов метана $M_m = 1000$ т/год, масса выбросов кислорода азота $M_{NOx} = 184,4$ т/год, масса оксида углерода $M_{COx} = 69,4$ т/год.

Решение:

Процесс выбрасывания соединений в атмосферу зависит от многих факторов, в том числе: состояния самой атмосферы, высоты источников, массы выбросов и др.

Максимальное значение концентрации вредных веществ на земле C_m (мг/м³) составляет:

$$C_m = \frac{A * M * F * m * n * \eta}{H^2 * \sqrt[3]{V_1 * \Delta T}} \quad (3.37)$$

A – Температурный коэффициент стратификации, для Казахстана $A = 200$;

M – масса вредных веществ, г/с.

F – коэффициент, учитывающий скорость осаждения веществ, $F = 1$ для газообразных веществ;

η – местный коэффициент рельефа, $\eta = 1$ для гладкой поверхности.

H – исходная высота, м.

V_1 – потеря газовой смеси, м³/с;

ΔT – разница между температурой выбрасываемых дымовых газов (за счет нагрева котлоагрегата) и средней максимальной температурой наружного воздуха самого жаркого месяца данного района.

$$\Delta T = T_r - T_b = 180 - 23 = 157 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

Значения коэффициентов m и n рассчитываются в зависимости от параметров f , v_m :

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T} = 1000 \cdot \frac{15^2 \cdot 4,5}{80^2 \cdot 157} = 1$$

$$V_e = \frac{\omega_0 \cdot \pi \cdot D^2}{4} = \frac{15 \cdot 3,14 \cdot 4,5^2}{4} = 238,44 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_r \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{238,44 \cdot 157}{80}} = 5,04 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$v_m^1 = 1,3 \frac{w_0 \cdot D}{H} = 1,3 \cdot \frac{15 \cdot 4,5}{80} = 1,1 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$f_e = 800 \cdot (v_m)^3 = 800 \cdot 1,1^3 = 1064,8$$

Значение m определяется по следующим формулам, если $f < 100$:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt[3]{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt[3]{1} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{1}} = 2,46 \quad (3.38)$$

n – коэффициент, учитывающий газовойздушную смесь, выходящую из устья;

$v_m > 2$ так как $n = 1$. Максимальный размер площади вредных веществ:

$$C_{M_{NO_x}} = \frac{A \cdot M_{NO_x} \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_T \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 5,85 \cdot 2,46 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{80^2 \cdot \sqrt[3]{238,44 \cdot 157}} = 0,014 \text{ мг / м}^3$$

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_T \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 31,71 \cdot 2,46 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{80^2 \cdot \sqrt[3]{238,44 \cdot 157}} = 0,075 \text{ мг / м}^3$$

$$C_{M_{CO_x}} = \frac{A \cdot M_{CO_x} \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_T \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 2,2 \cdot 2,46 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{80^2 \cdot \sqrt[3]{238,44 \cdot 157}} = 0,005 \text{ мг / м}^3$$

Расстояние между дымовыми трубами, где достигается максимальная концентрация вредных веществ, определяется из следующих:

$$v_m = d \cdot \frac{5-f}{4} \cdot H = 24,43 \cdot \frac{5-1}{4} \cdot 80 = 1954,4$$

где d — безразмерный множитель, определяемый следующим образом, когда $f < 100$, $v_m > 2$:

$$d = 7 \cdot \sqrt{v_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) = 7 \cdot \sqrt{5,04} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{1}) = 20,12 \text{ м}^3/\text{с}$$

При опасной скорости ветра U_m приземная концентрация вредных веществ C_i (мг/м³) на различных расстояниях C_M (м) от источников выбросов определяется по формуле:

$$C_i = S_i \cdot C_M \quad (3.39)$$

Здесь безразмерный коэффициент m , определяемый по следующей формуле в зависимости от отношения $S_i - \frac{\chi}{\chi_m}$ и коэффициента F :

Для NO_x :

когда $= C_M 100 \text{ м}$:

$$\frac{\chi}{\chi_m} = \frac{1000}{1954,4} = 0,051, \quad \frac{\chi}{\chi_m} < 1 \quad (3.40)$$

$$S = 3 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^2 \quad (3.41)$$

$$S_1 = \frac{3 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^4 - 8 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^3 + 6 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^2}{\chi_m} = \frac{3 \cdot 0,051^4 - 8 \cdot 0,051^3 + 6 \cdot 0,051^2}{0,051} = 0,305 \quad (3.42)$$

$$C_1 = S_1 \cdot C_{M_{NOX}} = 0,305 \cdot 0,014 = 0,0043 \text{ мГ/м}^3 = 200 \text{ м и } \frac{\chi}{\chi_m} = \frac{200}{1954,4} = 0,102$$

$$S_1 = \frac{3 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^4 - 8 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^3 + 6 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^2}{\chi_m} = \frac{3 \cdot 0,102^4 - 8 \cdot 0,102^3 + 6 \cdot 0,102^2}{0,102} = 0,0542$$

$$C_1 = S_1 \cdot C_{M_{NOX}} = 0,0542 \cdot 0,014 = 0,00076 \text{ мГ/м}^3 = 400 \text{ м и } \frac{\chi}{\chi_m} = \frac{400}{1954,4} = 0,205$$

$$S_1 = \frac{3 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^4 - 8 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^3 + 6 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^2}{\chi_m} = \frac{3 \cdot 0,205^4 - 8 \cdot 0,205^3 + 6 \cdot 0,205^2}{0,205} = 0,188$$

$$C_1 = S_1 \cdot C_{M_{NOX}} = 0,188 \cdot 0,014 = 0,0026 \text{ мГ/м}^3 = 1000 \text{ м и } \frac{\chi}{\chi_m} = \frac{1000}{1954,4} = 0,512$$

$$S_1 = \frac{3 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^4 - 8 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^3 + 6 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^2}{\chi_m} = \frac{3 \cdot 0,512^4 - 8 \cdot 0,512^3 + 6 \cdot 0,512^2}{0,512} = 1,645$$

$$C_1 = S_1 \cdot C_{M_{NOX}} = 1,645 \cdot 0,014 = 0,023 \text{ мГ/м}^3$$

$$C = 2000 \text{ м, и } \frac{\chi}{\chi_m} = 1,023 \text{ если } \frac{\chi}{\chi_m} > 1 \quad S = \frac{1,13}{0,13 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^2 + 1} \quad (3.43)$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13 \cdot (1,023)^2 + 1} = 0,995$$

$$C_1 = S_1 \cdot C_{M_{NOX}} = 0,995 \cdot 0,014 = 0,014 \text{ мГ/м}^3 = 4000 \text{ м, и } \frac{\chi}{\chi_m} = 2,047$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13 \cdot (2,047)^2 + 1} = 0,732$$

$$C_1 = S_1 * C_{M_{NOX}} = 0,732 \cdot 0,014 = 0,01 \text{ мг/м}^3$$

Для CO_x:

$$\text{Когда } C = 100 \text{ м: } \frac{\chi}{\chi_m} = \frac{1000}{1954,4} = 0,051,$$

$$S_1 = \frac{3 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^4 - 8 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^3 + 6 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^2}{\chi_m} = \frac{3 \cdot 0,051^4 - 8 \cdot 0,051^3 + 6 \cdot 0,051^2}{\chi_m} = 0,305$$

$$C_1 = S_1 * C_{M_{COX}} = 0,305 \cdot 0,005 = 0,0015 \text{ мг/м}^3 = 200 \text{ м и } \frac{\chi}{\chi_m} = \frac{200}{1954,4} = 0,102,$$

$$S_1 = \frac{3 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^4 - 8 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^3 + 6 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^2}{\chi_m} = \frac{3 \cdot 0,102^4 - 8 \cdot 0,102^3 + 6 \cdot 0,102^2}{\chi_m} = 0,0542$$

$$C_1 = S_1 * C_{M_{COX}} = 0,0542 \cdot 0,005 = 0,00027 \text{ мг/м}^3 = 400 \text{ м и } \frac{\chi}{\chi_m} = \frac{400}{1954,4} = 0,205,$$

$$S_1 = \frac{3 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^4 - 8 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^3 + 6 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^2}{\chi_m} = \frac{3 \cdot 0,205^4 - 8 \cdot 0,205^3 + 6 \cdot 0,205^2}{\chi_m} = 0,188$$

$$C_1 = S_1 * C_{M_{NOX}} = 0,188 \cdot 0,005 = 0,00094 \text{ мг/м}^3 = 1000 \text{ м и } \frac{\chi}{\chi_m} = \frac{1000}{1954,4} = 0,512,$$

$$S_1 = \frac{3 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^4 - 8 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^3 + 6 \cdot (\frac{\chi}{\chi_m})^2}{\chi_m} = \frac{3 \cdot 0,512^4 - 8 \cdot 0,512^3 + 6 \cdot 0,512^2}{\chi_m} = 1,645$$

$$C_1 = S_1 * C_{M_{NOX}} = 1,645 \cdot 0,005 = 0,0082 \text{ мг/м}^3 = 2000 \text{ м, и } \frac{\chi}{\chi_m} = 1,023$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 * (\frac{\chi}{\chi_m})^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13 \cdot (1,023)^2 + 1} = 0,995$$

$$C_1 = S_1 * C_{M_{NOX}} = 0,995 \cdot 0,005 = 0,005 \text{ мг/м}^3 = 4000 \text{ м, и } \frac{\chi}{\chi_m} = 2,047$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13 \cdot (2,047)^2 + 1} = 0,732$$

$$C_1 = S_1 * C_{M_{NOX}} = 0,732 \cdot 0,005 = 0,0037 \text{ мг/м}^3$$

Для метана:

$$\text{Когда} = C_{M_{NOX}} 100 \text{ м : } \frac{\chi}{\chi_m} = \frac{1000}{1954,4} = 0,051,$$

$$S_1 = 3 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^2 = 3 \cdot 0,051^4 - 8 \cdot 0,051^3 + 6 \cdot 0,051^2 = 0,305$$

$$C_1 = S_1 * C_M = 0,305 \cdot 0,075 = 0,023 \text{ мг/м}^3 = 200 \text{ м и } \frac{\chi}{\chi_m} = \frac{200}{1954,4} = 0,102,$$

$$S_1 = 3 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^2 = 3 \cdot 0,102^4 - 8 \cdot 0,102^3 + 6 \cdot 0,102^2 = 0,0542$$

$$C_1 = S_1 * C_M = 0,0542 \cdot 0,075 = 0,0004 \text{ мг/м}^3 = 400 \text{ м и } \frac{\chi}{\chi_m} = \frac{400}{1954,4} = 0,205,$$

$$S_1 = 3 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^2 = 3 \cdot 0,205^4 - 8 \cdot 0,205^3 + 6 \cdot 0,205^2 = 0,188$$

$$C_1 = S_1 * C_M = 0,188 \cdot 0,075 = 0,014 \text{ мг/м}^3 = 1000 \text{ м и } \frac{\chi}{\chi_m} = \frac{1000}{1954,4} = 0,512,$$

$$S_1 = 3 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^2 = 3 \cdot 0,512^4 - 8 \cdot 0,512^3 + 6 \cdot 0,512^2 = 1,645$$

$$C_1 = S_1 * C_M = 1,645 \cdot 0,075 = 0,123 \text{ мг/м}^3 = 2000 \text{ м, и } \frac{\chi}{\chi_m} = 1,023$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13 \cdot (1,023)^2 + 1} = 0,995$$

$$C_1 = S_1 \cdot C_M = 0,995 \cdot 0,075 = 0,075 \text{ мг/м}^3 = 4000 \text{ м, и } \frac{\chi}{\chi_m} = 2,047$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot \left(\frac{\chi}{\chi_m}\right)^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13 \cdot (2,047)^2 + 1} = 0,732$$

$$C_1 = S_1 \cdot C_M = 0,732 \cdot 0,075 = 0,055 \text{ мг/м}^3.$$

3.3 Разработка безотходной технологии переработки продуктов сгорания совместно с оксидами серы и азота

3.3.1 Обоснование необходимости совершенствования методов очистки дымовых газов АТЭЦ-1

По данным www.almatymeteo.kz, в течение 2009-2018 гг. г. Алматы. концентрация основных загрязнителей (SO_2 , NO_x , CO и пыли) в атмосфере существенно не изменилась.

Например, в 2018 году в разных районах города было пять постов по очистке от загрязнений. По данным на 30 апреля, концентрация диоксида азота находилась в пределах 1,4-2,0 ШПК, а концентрация диоксида серы и оксида углерода – в районе допустимой нормы..

В такие погодные дни дымовые газы ($\text{NO}_2 + \text{SO}_2$) образуют шлак, который покрывает большую часть города до такой степени, что суммарная концентрация $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$ составляет >2 . Поэтому необходимо максимально снизить количество основных загрязнителей атмосферного воздуха (SO_2 , NO_x) в дыме, выходящем из дымовых труб ТЭС.

Котлы АТЭЦ-1 оснащены мокрыми скрубберами с трубками Вентури. Их расчетный КПД составляет 96%. Такие установки дымоудаления должны улавливать 10-15% (в среднем 12%) диоксида серы. Станционные котлы эксплуатируются уже 60 лет и устарели, поэтому не могут в полной мере удовлетворить этим требованиям.

Поскольку установки очистки дымовых газов АТЭЦ-1 не в состоянии выполнять свою задачу, необходимо внедрить технологию очистки продуктов сгорания от оксидов серы и азота.

3.3.2 Расчет экологического ущерба, причиняемого АТЭЦ-1

Рассчитывает абсолютный ущерб, наносимый дымовыми газами окружающей среде, по формуле

$$Z = \gamma \cdot \delta \cdot f \cdot M \quad (3.44)$$

Здесь: $\gamma = 1$ – постоянное количество на тонну условного выхода, $\gamma = 1$
 $= 11,6 \cdot 10^2$ тг/т. у. в.

δ – региональный показатель относительного вреда загрязнения атмосферного воздуха, для г. Алматы $\delta = 1,5$.

f – поправочный коэффициент, учитывающий рассеивание соединений в атмосфере. Скорость оседания соединений 0,82 см/с.

$$f = \frac{100}{100 + \phi \cdot h} \cdot \frac{4}{1 + v}$$

$$f = \frac{100}{100 + \phi \cdot h} \cdot \frac{4}{1 + v} \quad (3.45)$$

здесь, h – высота источника дыма, м;

v – среднее значение модуля скорости, м/с, принимается равным 3 м/с;

ϕ – поправочный коэффициент на тепловой объем пламени

$$\phi = 1 + \frac{\Delta T}{75} \quad (3.46)$$

здесь, ΔT – среднегодовая температура.

Среднегодовая температура воздуха в г. Алматы около 8°C , температура газовой смеси, выбрасываемой из дымовой трубы ТЭЦ-1 210.

$$\phi = 1 + \frac{210 - 8}{75} = 3.7$$

$$f = \frac{100}{100 + 3.7 \cdot 14.5} \cdot \frac{4}{1 + 3} = 0.65$$

M – расчетная масса вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, т/год

$$M = \sum_{i=1}^N A_i \cdot m_i \quad (3.47)$$

Здесь, A_i – относительная вредность i -го вида вещества

$$M_{\text{күл}} = 4535 M_{\text{күл}} = 4535_{\text{т/год}}$$

$$M_{\text{SO}_2} = 5946 M_{\text{SO}_2} = 5946_{\text{т/год}}$$

$$M_{\text{CO}} = 221 M_{\text{CO}} = 221_{\text{т/год}}$$

$$M_{\text{NO}_2} = 2762 M_{\text{NO}_2} = 2762_{\text{т/год}}$$

$$M_{\text{NO}} = 449 M_{\text{NO}} = 449_{\text{т/год}}$$

$$Z_{\text{күл}} = 4535 \cdot 1,5 \cdot 11,6 \cdot 10^2 \cdot 0,65 \approx 5,13$$

$$4535 \cdot 1,5 \cdot 11,6 \cdot 10^2 \cdot 0,65 \approx 5,13_{\text{млн.тг}}$$

$$Z_{\text{SO}_2} = 5946 \cdot 1,5 \cdot 11,6 \cdot 10^2 \cdot 0,65 = 6,72$$

$$Z_{\text{SO}_2} = 5946 \cdot 1,5 \cdot 11,6 \cdot 10^2 \cdot 0,65 = 6,72_{\text{млн.тг}}$$

$$Z_{\text{CO}} = 221 \cdot 1,5 \cdot 11,6 \cdot 10^2 \cdot 0,65 = 0,25$$

$$Z_{\text{CO}} = 221 \cdot 1,5 \cdot 11,6 \cdot 10^2 \cdot 0,65 = 0,25_{\text{млн.тг}}$$

$$Z_{\text{NO}_2} = 2762 \cdot 1,5 \cdot 11,6 \cdot 10^2 \cdot 0,65 = 3,12$$

$$Z_{\text{NO}_2} = 2762 \cdot 1,5 \cdot 11,6 \cdot 10^2 \cdot 0,65 = 3,12_{\text{млн.тг}}$$

$$Z_{\text{NO}} = 449 \cdot 1,5 \cdot 11,6 \cdot 10^2 \cdot 0,65 = 0,51$$

$$Z_{\text{NO}} = 449 \cdot 1,5 \cdot 11,6 \cdot 10^2 \cdot 0,65 = 0,51_{\text{млн.тг}}$$

Общий экологический ущерб:

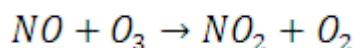
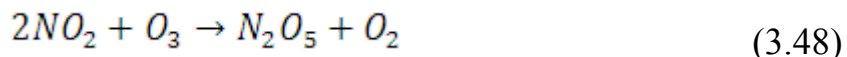
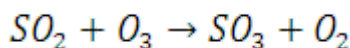
$$Z=15,73 \text{ млн.тг/год}$$

включая ущерб от NO_x и SO₂:

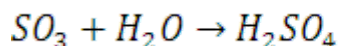
$$Z_{\text{SO}_2, \text{NO}_x} = 10,35 Z_{\text{SO}_2, \text{NO}_x} = 10,35_{\text{млн.тг/год}}$$

3.3.3 Безозоновый безаммиачный метод очистки продуктов сгорания от оксидов серы и азота для включения в АТЭЦ-1

Метод очистки дымовых газов совместно с SO_2 и NO_x полностью рассмотрен в части II настоящей работы. 2.7 Озонированный воздух из озонатора окисляет SO_2 и NO_x в дымовых газах до их высших оксидов в коагуляторе Вентури.:



Помимо озона и дымовых газов, в коагулятор Вентури впрыскивается раствор абсорбента. Высшие оксиды азота и серы взаимодействуют с раствором с образованием азотной и серной кислот:



происходит реакция и образуется смесь аммиачной селитры и сульфата, которую используют как жидкое или сухое удобрение.

Полученное смешанное удобрение более ценно, чем чистая аммиачная селитра и чистый сульфат аммония. Кроме того, он будет обогащен микроэлементами, содержащимися в угольной золе.

Выше указывалось, что на процесс очистки дымовых газов от NO_x и SO_2 озono-аммиачным методом расходуется 4-4,5% мощности энергоблока.

АТЭЦ-1 за 1 год он может производить удобрений на сумму порядка 625-714 млн тенге. Это с лихвой компенсирует затраты энергии на процесс очистки газа от NO_x и SO_2 . К этому добавляется доход в размере 10,35 млн тенге от очистки дымовых газов от NO_x и SO_2 (в разделе 3.3.2).

За счет внедрения в производство технологии, предложенной в работе, АТЭЦ-1 может зарабатывать 635-725 млн тенге в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ближайшие 50-100 лет развития энергетики ясно, что основным источником энергии будет ископаемое органическое топливо.

В энергетике Казахстана доминирующее место (почти 90%) занимают тепловые и электрические компании. При сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива на ТЭС все это становится отходами. Из-за добавления в воздух кислорода и азота остаточная масса будет намного больше массы сгоревшего топлива. 20-35% атмосферных загрязнителей составляют твердые вещества (зола), почти 50% - SO_2 , 30-35% - NO_x .

Международные соглашения Казахстана и необходимость защиты здоровья человека и окружающей среды требуют ограничения выбросов веществ в атмосферу. Эти ограничения должны осуществляться экономически целесообразными способами.

В итоговой работе определено влияние объектов теплоэнергетики на атмосферу, выбраны способы очистки воздуха от оксидов азота и серы. На большинстве ТЭС республики не установлены установки очистки дымовых газов от SO_2 и NO_x . Большинство из них оснащены установками очистки дыма только от твердых отходов, такие установки не могут улавливать более 15% диоксида серы в дыме. А с целью снижения концентрации вредных газов в дыме до уровня ниже предельного значения его рассеивают в атмосферу через высокие дымоходы.

Второе мероприятие, применяемое на ТЭС Казахстана: улучшение процесса сжигания (стадийное сжигание топлива, выбор специальной конструкции горелок и т.д.). Таким образом количество NO_x и SO_2 в дыме можно уменьшить в 2 раза.

В последнее время большое внимание уделяется методам очистки дымовых газов совместно с оксидами азота и серы.

Использование такой технологии позволяет, с одной стороны, превратить отходы в удобрения, а с другой стороны, позволяет затрачивать на 50-60 % меньше капитальных затрат, чем при отдельных способах очистки дыма от SO_2 и NO_x .

В этой работе:

требования к проектированию ТЭЦ (преимущественно вторичных) и их удовлетворение;

достижение СРК путем выпуска дымовых газов в атмосферу из дымовой трубы;

способы очистки дымовых газов от SO_2 ;

методы очистки дымовых газов от NO_x ;

способы сокращения выбросов SO_2 и NO_x в атмосферу за счет улучшения сгорания топлива (например, постепенное сжигание);

рассмотрены традиционные и нетрадиционные способы очистки дымовых газов совместно с оксидами азота и серы.

Проведены экспертизы производственно-экономического и экологического состояния АТЭЦ-1.

Показано, что количество вредных газов в атмосфере за период с 2003 по 2013 год не изменилось из-за отсутствия сооружений по очистке дымовых газов от SO₂ и NO_x на АТЭЦ-1 и погодных условий г. Алматы.

Выполнено экономическое и экологическое обоснование озоно-аммиачного безостаточного способа очистки дымовых газов совместно с SO₂ и NO_x, создан технологический проект.

Показано, что внедрение предложенной в работе озоно-аммиачной технологии на АТЭЦ-1 и получение из остатка удобрения, состоящего из аммиачной селитры и сульфата, с лихвой компенсирует затраты на мероприятия по очистке дымовых газов.

В экономическом разделе оценивались затраты на электрическую и тепловую энергию и общая эффективность проектного решения.

В Департаменте труда и охраны окружающей среды оценивали влияние оксидов азота и шума на рабочем месте на окружающую среду, количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, и выбросы парниковых газов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Темірбаев Д.Ж. Топливосбережение и тепловые методы защиты среды обитания: Учебное пособие. - Алматы: АЭиБИ, 2004. - 93 с.
- 2 Нұрекен Е., Темірбаев Д., Алияров Б. /Общая редакция. Е.Нұрекен/. Казахско-русский, русско-казахский словарь названий тепловой энергии. – Алматы: АЭиБИ, 2009. – 200 с.
- 3 Саламова Н.В. Методы одновременной очистки дымовых газов ТЭС от оксидов серы и азота // Электрические станции. 2001. № 12. С. 56-60.
- 4 Очистка дымовых газов тепловых электростанций / В.А. Зайцев, А.А. Кучеров, Т.Б. Пятина, А.П. Коваленко // Хим. пром-сть. - 2005. - N 3 - 4. - С. 119 - 127.
- 5 Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. - М.: Химия, 2000.
- 6 Кузьмина Г.М. Каталитическая очистка дымовых газов тепловых электро-станций и других стационарных источников от окислов азота: Обзор заруб. практики / МНТК "Катализатор", СКТБ катализаторов: Препринт. - Новосибирск, 2002. - 43 с.
- 7 Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справ. изд. Ч. 1 / Под ред. С. Калверта, Г.М. Инглунда. - М.: Металлургия, 2008. - 760 с.
- 8 Кисаров В.М., Фишер Р.Я. Пути интенсификации адсорбционных процессов в газоочистке и рекуперации растворителей: Обзорн. информ. Сер. ХМ-14 // ЦИНТИхимнефтемаш. - М., 2010. - 31 с.
- 9 Бегун Л.Б., Траченко В.И. Адсорбционная очистка газовых выбросов от органических соединений: Обзорн. информ. Сер. ХМ-14 // ЦИНТИхимнефтемаш. - М., 2009. - 26 с.
- 10 Перспективы реализации процесса электронно-лучевой технологии очист-ки газовых выбросов / А.П. Воронин, Н.З. Ляхов, Р.А. Салимов, Г.А. Спиридонов // ЖВХО им. Д.И. Менделеева. -2000. - Т. 35, вып. 1. - С. 72 - 76.
- 11 А.А. Жакупов, Т.М. Попова, Р.Х. Сяндюков, Т.В. Ходанова. Проектирование и расчет технико-экономических показателей производства энергии. Методические указания к курсовому проекту. – Алматы, АИЭС, 2007. -37 с.
- 12 Ержанов С.И. Кафедра организации производства, управления и экономики. Расчет технико-экономических показателей производства энергии. – Алматы: АЭиБИ, 2009. -34 с.
- 13 Қ.Б.Базылов, Ғ.Ә. Барамысова. Экономическая связь: Учебное пособие.-Алматы: АЭиБИ, 2001.-70 с.
- 14 Фокин А.В. Защита окружающей среды и химическая экология // Успехи химии. - 2001.
- 15 Сайт www.almatymeteo.kz
- 16 СТ КазННТУ – 09 – 2023. Работы учебные. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. Алматы: КазННТУ, 2023.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кудайберген Абай Бейбетұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование ТЭС с одновременной очисткой дымовых газов от оксидов серы и азота

Научный руководитель: Булбул Онгар

Коэффициент Подобия 1: 4.7

Коэффициент Подобия 2: 0.8

Микропробелы: 237

Знаки из других алфавитов: 45

Интервалы: 0

Белые Знаки: 28

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

*Дипломная работа Кудайбергенова Абая
не является плагиатом.
Допущен к защите.*

Дата

Кулс

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Құдайбергел Абай Бейбетұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование ТЭС с одновременной очисткой дымовых газов от оксидов серы и азота

Научный руководитель: Булбул Онгар

Коэффициент Подобия 1: 4.7

Коэффициент Подобия 2: 0.8

Микропробелы: 237

Знаки из других алфавитов: 45

Интервалы: 0

Белые Знаки: 28

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата 8.06.2023

Заведующий кафедрой Энергетики

Сарсенбаев Е.А.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Кулайберген Абай Бейбетұлы
(Ф.И.О. обучающегося)

6B07101 - Энергетика
(шифр и наименование специальности)

на тему: «Проектирование ТЭС с одновременной очисткой дымовых газов от оксидов серы и азота»

Выполнено:
пояснительная записка на 55 страницах

Дипломный проект посвящен проектированию ТЭС с очисткой дымовых газов от вредных веществ. Представлены расчеты, схемы и таблицы.

В разделе усовершенствования методов очистки приведены улучшенные, менее вредные, экономные способы чистки дымовых газов.

Тема является важной, учитывая растущий выброс вредных веществ в атмосферу и необходимость эффективности интегрирования.

Замечания к работе

Однако, стоит отметить, что в работе отсутствует описание иодробного описания нынешней проблемы с оксидами азота и серы. Эти аспекты могли бы обеспечить более лучшее понимание процессов и повысить достоверность результатов.

В целом, вопреки ограничениям, указанным выше, расчет оказывает значительный вклад в сферу очистки дымовых газов.

Оценка работы

Дипломная работа была оценена на оценку «хорошо» (89%), а его автору присвоения академической степени «бакалавр» по специальности 6B07101 – «Энергетика».

Рецензент

Кандидат техн. наук,

Доцент кафедры

«Теплоэнергетические установки»

АО «АУЭИ им. Р. Даукеева»,

М.Е.Туманов

«05»

2023 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И. САТПАЕВА

Кафедра «ЭНЕРГЕТИКА»

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

На дипломную работу Құдайбергено Абая Бейбетұлы

6B07101 – «Энергетика»

Тема: «Проектирование ТЭС с одновременной очисткой дымовых газов от оксидов серы и азота»

Құдайберген Абай практически без помощи научного руководителя изложил теоретические и методологические подходы к решению проблем исследований, осуществил глубокий анализ научной литературы, непосредственно провел математическую обработку полученных данных.

За время дипломирования показал себя специалистом, ответственным, умеющим заниматься поиском литературы для решения поставленных задач, умеющим пользоваться справочной литературой, компьютерной техникой.

В целом, работа исполнена на высоком научном уровне, написана грамотно, хорошо оформлена.

Считаю, что дипломная работа Құдайбергено А.Б. заслуживает оценки «хорошо» (85%), ее автор – присвоения степени «бакалавр».

Научный руководитель:
PhD доктор, ассоц.профессор



Онгар Б.