

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Электронного обучения
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Атомных и тепловых электростанций

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|--|
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ N2 |

УДК _____

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------------|----------------------------------|---------|------|
| 3-5Б11 | Санакин Игорь Геннадьевич | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------------------|-------------------|------------------------|---------|------|
| Ст. преп.кафедры АТЭС | М.А.Вагнер | | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|----------------------|------------------------|---------|------|
| ст. преподаватель кафедры менеджмента | Н.Г. Кузьмина | - | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---|-------------------------|------------------------|---------|------|
| доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности | М.Э. Гусельников | к.т.н., доцент | | |

Нормоконтроль

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|-------------------|------------------------|---------|------|
| ст. преподаватель ка- федры атомных и теп- ловых электростанций | М.А.Вагнер | - | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|---------------------|------------------------|---------|------|
| атомных и тепловых электростанций | А.С. Матвеев | к.т.н., доцент | | |

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Специальность подготовки **13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**
Кафедра «Атомных и тепловых электростанций»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой АТЭС ЭНИН
А.С. Матвеев

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО |
|---------------|------------------------------------|
| 3-5Б11 | Санакину Игорю Геннадьевичу |

Тема работы:

| | |
|---|--|
| Исследование влияния катализаторов на восстановление N₂ | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |

Срок сдачи студентом выполненной работы:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| Исходные данные к работе | |
|---|---|
| <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i> | Целью обзора является сбор и обобщение информации об опыте применения, современном уровне развития технологий в России и за рубежом. Объектом исследования в работе является применение метода СКВ для восстановления N ₂ . Предметом исследования выступают катализаторы. |

| | |
|--|--|
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор метода СКВ №2 . 2. Достоинства и недостатки различных катализаторов. Факторы, учитываемые при выборе катализаторов. 3. Обзор отдельных проектов 4. Характеристика рынка 5. Проблемы освоения и применения 6. Надежность 7. Стоимость 8. Уровень развития в России 9. Возможные перспективы развития. 10. Расчет эффективности СКВ установки. (Пример) Заключение |
| <p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Схема СКВ установки. (1л) |

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

| Раздел | Консультант |
|--|--------------------------------------|
| Финансовый менеджмент | Кузьмина Наталья Геннадьевна |
| Социальная ответственность | Гусельников Михаил Эдуардович |
| Автоматизация технологических процессов | |

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------|-------------|------------------------|---------|------|
| Ст преп. кафедры АТЭС | Вагнер М.А. | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 3-5Б11 | Санакин Игорь Геннадьевич | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа 76с., рис.9, табл.11, источников 28.

Ключевые слова: ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ , КАТАЛИЗАТОР, ОКСИД АЗОТА, ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ, ВЫБРОСЫ.

Объектом исследования являются применение метода Селективного каталитического восстановления для восстановления N_2 . Предметом исследования выступают катализаторы .

Цель работы – сбор и обобщение информации об опыте применения, и современном уровне развития технологии в России и за рубежом.

В процессе исследования проводились: исследование литературы, интернет-источников, а также расчет СКВ установки .

В результате исследования была доказана эффективность применения метода СКВ N_2 .

Степень внедрения: данная работа является составной частью научных исследований в сфере «очистки дымовых газов от оксидов азота методом селективно каталитического восстановления» .

Область применения: Теплоэнергетическая область, топливно-энергетический комплекс.

В будущем планируется продолжать исследования в данной сфере деятельности.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 8 |
| 1. Обзор метода СКВ N ₂ | 10 |
| 1.1 Схема включения реактора СКВ..... | 15 |
| 1.2 Достоинства и недостатки метода СКВ..... | 18 |
| 2. Достоинства и недостатки различных катализаторов .Факторы , учитываемые при выборе катализаторов | 19 |
| 3. Обзор отдельных проектов | 26 |
| 3.1 СКВ установки пылеугольных котлов..... | 26 |
| 3.2 СКВ установки мазутных котлов | 33 |
| 4. Характеристики рынка | 35 |
| 5. Проблемы освоения и применения | 39 |
| 6. Надежность | 41 |
| 7. Стоимость..... | 42 |
| 8.Уровень развития в России | 44 |
| 9. Возможные перспективы развития..... | 48 |
| 10. Расчет эффективности СКВ установки..... | 50 |
| 11. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..... | 54 |
| 11.1 Составление сметы ВКР. | 55 |
| 12. Социальная ответственность..... | 60 |
| 12.1 Производственная безопасность..... | 62 |
| 12.2 Опасные и вредные факторы..... | 64 |
| 12.2.1 Высокий уровень шума и вибраций | 65 |

| | |
|--|----|
| 12.2.2 Электробезопасность | 66 |
| 12.2.3 Организация освещения | 67 |
| 12.2.4 Организация микроклимата помещения..... | 67 |
| 12.3 Противопожарные меры | 67 |
| 12.4 Предотвращение травматизма..... | 69 |
| 12.5 Правовое регулирование проектных решений..... | 70 |
| 12.6 Экологическая безопасность..... | 71 |
| Заключение..... | 74 |
| Список использованных источников..... | 75 |

Графический материал:

ФЮРА. XXXXXX.002.C1

Обозначения и сокращения.

В настоящей работе применяются следующие обозначения и сокращения:

КПД - коэффициент полезного действия;

СКВ - селективное каталитическое восстановление оксидов азота;

СНКВ - селективное некаталитическое восстановление оксидов азота;

ТЭС - тепловая электрическая станция;

ПДК - предельно-допустимая концентрация;

ЕС - Европейский Союз;

Введение

В настоящее время состояние окружающей среды – одна из наиболее остро стоящих перед человечеством проблем. Для крупных городов и промышленных регионов наибольшую экологическую опасность представляют промышленные и выхлопные газы, выбрасываемые в атмосферу.

ТЭС в России работают на двух основных видах топлива – это газ (~68%) и уголь (~30%); в меньшей степени используются мазут и био – топливо (~2%).

ТЭС, сжигающие газ, наиболее «чистые» с точки зрения экологии и выбрасывают в атмосферу оксиды азота (NO_x) и тепло. Выбросы оксидов азота могут быть уменьшены путем реализации так называемых «первичных мер», к которым относятся в первую очередь многостадийное горение, рециркуляция дымовых газов, впрыск воды, использование специализированных горелок и пр. Однако, даже для ТЭС сжигающих природный газ, первичных мер подавления оксидов азота часто оказывается недостаточно.

Необходимость внедрения дополнительных систем очистки дымовых газов определяется, прежде всего, нормативами таких выбросов и платой за их превышение.

Самыми же экологически грязными оказываются ТЭС, сжигающие уголь. Однако, уголь является самым дешевым топливом и его разведанных запасов хватит более чем на 200 лет эксплуатации. Поэтому, сжигающие уголь ТЭС являются крайне перспективными, но необходимо в первую очередь решить экологические проблемы, которые возникают при сжигании угля.

Пример выброса ТЭС использующей угольное топливо (ТЭС мощностью 1000 МВт), только в течение одного года производит выбросы:

- Оксидов азота (NO_x): 25-30 тыс. тонн.

Суточный выброс золы (несгоревшего топлива) составляет 35-55 тонн (т.е. при стандартной высоте дымовых труб в 150-200м радиус загрязняемой территории составляет 50 км).

К таким проблемам относятся эмиссия в атмосферу оксидов азота NO_x , оксидов серы SO_2 , SO_3 , золы, тяжелых металлов, а также утилизация угольной золы.

Значения глобальных выбросов основных загрязняющих компонентов в результате человеческой деятельности представлены в таблице 1.

Таблица 1– Значения глобальных выбросов.

| Вид загрязняющего вещества | Выброс в млн. т/год |
|----------------------------|---------------------|
| NO _x | 57 |

Оксиды азота являются одними из наиболее опасных и токсичных загрязнителей воздуха. Кроме того, оксиды азота способствуют образованию “кислотных дождей” и фотохимического смога.

В Европейском Союзе принята директива ЕС № 2008/50/ЕС от 21 мая 2008 года, обязывающая предприятия всех индустрий приводить свои выбросы вредных веществ в атмосферу к установленным нормативам.

Штрафы и наказания за превышение вплоть до временного закрытия вредных производств до момента решения проблемы.

В результате все энергогенерирующие предприятия в ЕС внедрили у себя апробированные и экономически обоснованные технологии и системы очистки дымовых газов не только от частиц золы, но и от оксидов азота NO_x и оксидов серы SO₂, SO₃.

Обязательные нормативы ЕС и средние по России величины выбросов таблица 2 (в мг/м³):

Таблица 2 – Нормативы ЕС и средние по России величины выбросов.

| ЕС Показатель | Мощности до 300 МВт | Мощности свыше 300 МВт |
|-----------------|---------------------|------------------------|
| NO _x | 200 – 600 | 200 |
| Выброс золы | <30 | |

Из всех существующих методов удаления оксидов азота из газовых выбросов в настоящее время наиболее наибольшее развитие получили каталитические методы конверсии оксидов азота до молекулярного N₂.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОС-
БЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| | |
|---------------|---------------------------|
| Группа | ФИО |
| 3-5Б11 | Санакин Игорь Геннадьевич |

| | | | |
|---------------------|------------------------------|---------------------------|---|
| Институт | Электронного обучения | Кафедра | АТЭС |
| Уровень образования | Бакалавр | Направление/специальность | 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|---|--|
| 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | <i>Исследование влияния катализаторов на восстановления N2. Прочие расходы Проектировщик –инженер Руководитель - старший преподаватель</i> |
| 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | <i>Принять на основании произведенных расчетов и из анализа отчетов объекта исследования</i> |
| 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | <i>Отчисления на социальные нужды-30% Районный коэффициент-30%</i> |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|---|
| 1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> | <i>Формирование плана разработки проекта.</i> |
| 2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i> | <i>Смета затрат на проектирование.</i> |
| 3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i> | <i>Анализ проведенного исследования.</i> |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Ст. преподаватель кафедры менеджмента | Кузьмина Наталия Геннадьевна | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|---------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 3-5Б11 | Санакин Игорь Геннадьевич | | |

11. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

11.1 Составление сметы ВКР.

При планировании сметы научно-технической разработки должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В данном случае смета проекта отражает издержки на выполнение научно-исследовательской работы. Затраты на выполнение работы представлены в таблице 10.

Затраты на проектирование ВКР подразделяются на капитальные (единовременные) и текущие. Капитальные затраты на НИР включают в себя: стоимость оборудования, приборов, необходимых для проведения исследований и проектных работ.

Таблица 10 - Перечень работ и оценка времени их выполнения.

| №п.п. | Наименование работ | Количество исполнителей | Продолжительность, |
|--------|---|-----------------------------------|--------------------|
| | | | в днях |
| 1 | Выдача и получение задания | НР(ст.пр 13р.) Инженер (10р.) | 2 |
| 2 | Исследование литературы | Инженер (10р.) | 18 |
| 3 | Консультация | НР(ст.пр 13р.) Инженер (10р.) | 1 |
| 4 | Анализ объекта исследования | Инженер (10р.) | 10 |
| 5 | Исследование возможных вариантов решения | Инженер (10р.) | 10 |
| 6 | Расчет оптимального варианта | Инженер (10р.) | 9 |
| 7 | Консультация | НР(ст.пр. 13р.) Инженер (10р.) | 1 |
| 8 | Оформление работы согласно нормам | Инженер (10р.) | 8 |
| 9 | Подписание работы руководителем, консультация | НР(ст.пр. 13р.) Инженер (10р.) | 1 |
| Итого: | | НР(ст.пр. 13р.) | 5 |
| | | Инженер (10р.) | 60 |

11.1.1 Капитальные вложения в проект.

$$K_{пр} = U_{\text{мат}} + U_{\text{ам}} + U_{\text{зн}} + U_{\text{со}} + U_{\text{пр}} + U_{\text{накл}}$$

где: $U_{\text{мат}}$ – материальные затраты.

$U_{\text{ам}}$ – издержки на амортизацию, руб.

$U_{\text{зн}}$ – издержки на заработанную плату, руб.

$U_{\text{со}}$ – издержки на социальные отчисления, руб.

$U_{\text{пр}}$ – прочие издержки, руб.

$U_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

11.1.2 Амортизационные затраты рассчитываются.

$$U_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп}}}{T_{\text{кал}}} \cdot Ц_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{60}{365} \cdot 20000 \cdot \frac{1}{10} = 328,7$$

$T_{\text{исп}}$ – время использования персонального компьютера, 60 дней;

$T_{\text{кал}}$ – число дне в календарном году, 365 дней;

$Ц_{\text{кт}}$ – стоимость персонального компьютера, 20 тыс. рублей;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы персонального компьютера, 10 лет;

11.1.3 Затраты на фондovou заработанную плату рассчитываются как:

$$\Phi ЗП = ЗП_{\text{рук}} + ЗП_{\text{инж}}$$

где: $ЗП_{\text{рук}}$ – заработанная плата руководителя;

$ЗП_{\text{инж}}$ – заработанная плата инженера.

11.1.4 Заработанная плата руководителя рассчитывается как:

$$U_{\text{ЗП}}^{\text{мес}} = (ЗП_0 \cdot K_1 + Д) \cdot K_2$$

где: $ЗП_0$ – месячный оклад 16750 руб.;

K_1 – коэффициент учитывающий отпуск 10%;

D – доплата за интенсивность труда 2000 руб.;

K_2 – районный коэффициент 30%;

$$U_{ЗП}^{рук.мес} = (16750 \cdot 1,1 + 2000) \cdot 1,3 = 26553 \text{ рублей.}$$

11.1.5 Фактическая зарплата руководителя

$$U_{ЗП}^{рук.факт} = \frac{U_{ЗП}^{рук.мес}}{21} \cdot n_{\phi};$$

где: $U_{ЗП}^{мес}$ – Заработанная плата руководителя за месяц;

n_{ϕ} – Количество дней консультации у руководителя по факту, принимаем из таблицы 1.

$$U_{ЗП}^{\phi} = \frac{U_{ЗП}^{мес}}{21} \cdot n_{\phi} = \frac{26553}{21} \cdot 5 = 6323 \text{ рублей}$$

11.1.6 Заработанная плата инженера рассчитывается как;

$$U_{ЗП}^{мес} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2$$

где: $ЗП_0$ – месячный оклад 14500 руб.;

K_1 – коэффициент учитывающий отпуск 10%.

K_2 – районный коэффициент 30%;

$$U_{ЗП}^{инж.мес} = 14500 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 20735 \text{ руб.}$$

Но так как работа для инженера длится 60 дней (согласно таблице 12), дорассчитаем зарплату:

$$U_{ЗП}^{инж} = \frac{U_{ЗП}^{инж.мес}}{21} \cdot n_{\phi} = \frac{20735}{21} \cdot 20 = 19748 \text{ рублей}$$

11.1.7 Издержки на заработанную плату составят:

$$\Phi ЗП = U_{ЗП}^{рук.факт} + U_{ЗП}^{инж.мес} + U_{ЗП}^{инж.факт} = 6323 + 20735 + 19748 = 46806 \text{ руб.}$$

11.1.8 Социальные отчисления рассчитываются как;

$$U_{co} = \Phi ЗП \cdot 0,7 = 46806 \cdot 0,3 = 14041,8 \text{ руб.}$$

11.1.9 Прочие затраты рассчитываются как;

$$U_{проч} = 0,1 \cdot (U_{mat} + U_{ам} + U_{зн} + U_{co}) = 0,1 \cdot (5000 + 328,7 + 46806 + 14041,8) = 6617,65 \text{ руб.}$$

11.1.10 Накладные расходы рассчитываются как;

$$U_{накл} = 200\% \cdot \Phi ЗП = 200\% \cdot 46806 = 93612 \text{ руб.}$$

11.1.11 Тогда смета затрат на проект составит;

$$\begin{aligned} K_{пр} &= U_{mat} + U_{ам} + U_{зн} + U_{co} + U_{проч} + U_{накл} = \\ &= 5000 + 328,7 + 46806 + 14041,8 + 6617,65 + 93612 = 166379,1 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Все расчеты по затратам на работу приведены в таблице 11.

Таблица 11- Данные затрат на выполнение ВКР.

| Вид затрат | Стоимость, руб. |
|-------------------------------|-----------------|
| Материальные затраты | 5000 |
| Амортизационные затраты | 328,7 |
| Затраты на заработанную плату | 46806 |
| Социальные отчисления | 14041,8 |
| Прочие затраты | 6617,65 |
| Накладные расходы | 93612 |
| Итого | 166379,1 |

Заключение по разделу.

По результатам проведенных анализов можно заключить о том, что данная технология является перспективной и существует достаточно высокая необходимость для того, чтобы развивать данное направление.

Технологический процесс СКВ является надежным, но весьма дорогостоящим техническим решением, обеспечивающим степень уменьшения содержания окислов азота более 85-90%.

Выполненные исследования позволили обнаружить, что одним из способов повышения экономической привлекательности технологии одновременного освобождения отходящих дымовых газов от оксидов азота, является поиск более дешевых катализаторов, не содержащих металлы платиновой группы.

Препятствием для более широкого внедрения метода СКВ являются достаточно высокие капитальные затраты на его реализацию, так как производство катализаторов и установок очистки дымовых газов от оксидов азота ведется только зарубежными производителями.

Заключение

В данной работе был проведен обзор и обобщение информации об опыте применения, и современном уровне развития технологии СКВ в России и за рубежом.

В работе были проанализированы различные способы компоновки метода СКВ, достоинства и недостатки различных катализаторов, факторы учитываемые при выборе катализаторов. Так же были рассмотрены отдельные проекты, уровень развития в России.

Из обзора информации был сделан вывод что, несмотря на указанные недостатки и, в особенности, дороговизну метода, в последнее время СКВ очень широко применяется в энергетике благодаря его очень высокой эффективности по степени восстановления NO_x и уменьшения содержания окислов азота более 85-95% , что очень важно в связи с возросшими нормативными требованиями по защите окружающей среды.