

На правах рукописи

НИГМАТУЛЛИНА ЭЛЬВИРА РИМОВНА

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВ
ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И ОЧИСТКИ
СТОЧНЫХ ВОД**

Специальность 05.02.13 – «Машины, агрегаты и процессы»
(машиностроение в нефтеперерабатывающей промышленности)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа - 2002

Работа выполнена в Уфимском государственном нефтяном техническом университете и в Управлении энерготеплоснабжения «Уренгойгазэнерго» ООО «Уренгойгазпром»

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Кузеев Искандер Рустемович

Официальные оппоненты доктор технических наук, профессор
Абдрахимов Юнир Рахимович

кандидат технических наук
Курочкин Александр Кириллович

Ведущая организация **ОАО «Ново-Уфимский нефтеперерабатывающий завод»**

Защита состоится ____ декабря 2002 года в _____ на заседании диссертационного совета Д 212.289.05 при Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу:
450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Автореферат разослан ____ ноября 2002 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Ибрагимов И.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Рациональное использование природных ресурсов и защита окружающей среды от загрязнения производственными выбросами является важнейшей народнохозяйственной задачей. Эта задача решается на базе создания и внедрения безотходных и малоотходных производств.

Для перехода к малоотходным и безотходным производствам требуется комплекс мероприятий, включающих разработку и внедрение принципиально новых и совершенствование действующих технологических процессов с целью существенного сокращения производственных отходов, использования отходов в самом производстве или в других производствах, разработку и внедрение наиболее совершенных методов очистки, переработки и обезвреживания неиспользуемых по техническим или экономическим причинам отходов.

Для обезвреживания значительной группы жидких, твердых, пастообразных и газообразных промышленных отходов с большим набором и высокой концентрацией органических и минеральных веществ применяют термические методы. Они заключаются в тепловом воздействии на отходы, при котором происходит окисление или восстановление некоторых вредных веществ с образованием безвредных или менее вредных.

К термическим методам относят жидкофазное окисление, гетерогенный катализ, газификацию отходов, пиролиз отходов, плазменный и огневой методы.

Термические методы нашли широкое применение в отечественной промышленности для обезвреживания жидких и газообразных отходов, а за рубежом – для обезвреживания твердых и пастообразных отходов. Этот метод универсален, характеризуется высокой санитарно-гигиенической эффективностью и потому является основным и перспективным для обезвреживания (сжигания) горючих производственных отходов.

Область применения огневого метода и объемы отходов, подлежащих огневому обезвреживанию, непрерывно расширяются. В различных отраслях народного хозяйства образуется большое количество отходов, которые могут быть обезврежены огневым методом. К ним относят, прежде всего, сточные воды нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов.

Сточные воды производств переработки нефти содержат загрязняющие вещества разнообразного характера: нефть и нефтепродукты, растворенные минеральные соли и твердые механические примеси, серную кислоту и ее соли, щелочи (сульфиды и гидросульфиды натрия, меркаптаны и др.), спирты (метиловый, этиловый и бутиловый) и другие органические соединения, жирные кислоты, парафин, фенол, эфиры, загрязняющие примеси от производства катализаторов, токсичные и ядовитые вещества (например, тетраэтилсвинец) и др. Основная масса стоков НПЗ характеризуется повышенным рН и разнообразным солевым составом.

Объем перечисленных отходов измеряется многими миллионами тонн в год. В настоящее время значительную часть их складывают на полигонах, в шламонакопителях, сливают в канализацию. Это приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод, воздуха и почвы. Применение установок сжигания и огневого обезвреживания отходов позволяет не только предотвратить загрязнение окружающей среды, но и (в результате переработки части отходов в товарные продукты и сырье и их энергетического применения) более экономично использовать природные ресурсы.

Для обезвреживания особо опасных, ядовитых и не утилизируемых отходов огневой метод является наиболее целесообразным, а зачастую единственно возможным. Однако у данного метода есть существенный недостаток - это высокие затраты энергоресурсов и дороговизна, которые ограничивают возможности и масштабы его применения. Поэтому снижение себестоимости термического способа очистки сточных вод является весьма актуальным.

Цель работы. Подбор оптимальных конструктивных параметров устройств и режима обработки для термического обезвреживания и термической очистки сточных вод производств, связанных с переработкой нефти.

Основные задачи исследования

1. Анализ методов и конструкций аппаратов для существующих способов термического обезвреживания и очистки сточных вод.
2. Определение причин, снижающих возможность применения термического обезвреживания и очистки сточных вод, и разработка основных направлений рационализации рабочего процесса.
3. Изучение влияния концентрации примесей в сточной воде и подъемной скорости пара на унос солей из паросепаратора.
4. Разработка распыливающего устройства для сжигания сточных вод.
5. Исследование реологических свойств сточных вод для определения возможности регулирования параметров работы установок при термическом обезвреживании сточных вод.
6. Подбор оптимальных режимов эксплуатации установок.
7. Разработка эффективных схем для термической очистки различных стоков и их аппаратное оформление.

Научная новизна

1. Получена зависимость уноса солей паром из паросепаратора от концентрации примесей, содержащихся в сточной воде и подъемной скорости образовавшегося пара. Предложенное уравнение может быть применено для определения диаметра при проектировании паросепараторов для разделения высококонцентрированных сточных вод.
2. Получено уравнение для определения оптимального давления в циркуляционном контуре установки термического обезвреживания сточных вод, сопряженной с технологической печью, которое позволит минимизировать потребляемые энергозатраты на привод насосов.

На защиту выносятся теоретические выводы и обобщения, разработанные конструкции, модели, эмпирические зависимости и практические рекомендации по повышению эффективности термических способов обезвреживания и очистки сточных вод.

Практическая ценность

Применение полученных в работе результатов дает возможность:

- рассчитывать конструктивные и режимные параметры паросепаратора для установок термического обезвреживания и очистки сточных вод;
- применить предложенное распыливающее устройство для сжигания высоковязких и высокоминерализованных сред;
- использовать полученную зависимость оптимального давления в циркуляционном контуре установки для расчета аналогичных установок;
- использовать результаты лабораторных и опытно-промышленных экспериментов для разработки новых более эффективных схем и конструкций установок.

Реализация работы

Разработанная установка для термической очистки сточных вод принята к внедрению в цехе сжигания стоков производства технической терефталевой кислоты ОАО “Полиэф”, а также используется в учебном процессе при чтении лекции по курсу “Техническая термодинамика и энерготехнология химических производств”.

Апробация работы

Основные положения работы докладывались:

- на 48 и 49 научно-технических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых (г.Уфа, 1996 и 97гг.);
- Международном симпозиуме “Наука и технология углеводородных дисперсных систем”(г.Уфа, 2000г.)

Публикации.

По материалам диссертации опубликовано 8 печатных работ.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и основных выводов и рекомендаций; содержит 146 страниц машинописного текста, 16 таблиц, 32 рисунка, библиографический список использованной литературы из 106 наименований и 2 приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертационной работы, формируется цель и основные задачи исследования, дается краткое описание результатов.

Первая глава посвящена рассмотрению проблемы обезвреживания сточных вод химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.

Несмотря на существование различных методов очистки сточных вод (механические, химические, биологические и др.), вследствие сложного состава и разнообразия химических веществ, относящихся к различным классам соединений, целый ряд промышленных стоков удается обезвредить полностью только термическим способом.

В перечень стоков, подлежащих термическому обезвреживанию, относят:

1. Стоки, содержащие многокомпонентные органические и минеральные вещества.

2. Стоки, содержащие органические и минеральные вещества, характеризующиеся токсичностью того или иного характера.

3. Стоки, характеризующиеся высокой теплотой сгорания.

4. Стоки, которые не могут быть обезврежены иными методами.

При термическом методе обезвреживания промышленных сточных вод возможны три направления:

1. Существенное уменьшение объемов стоков при их предельном концентрировании и хранение этих растворов в естественных или искусственных хранилищах.

2. Полное уничтожение сточных вод без регенерации ценных продуктов, содержащихся в них.

3. Регенерация минеральных, органических и других ценных веществ с последующим использованием последних и опресненной воды для нужд промышленности и сельского хозяйства.

Следует отметить, что и первое, и второе направления применимы лишь для относительно небольших количеств сточных вод и должны рассматриваться как временные.

История развития термических способов обезвреживания сточных вод начинается с использования камерных и шахтных печей (например, конструкции, разработанные ВНИИТ и ГИАП), в которых осуществлялось подсушивание и сжигание распыливаемой при помощи сопел сточной воды за счет сжигания топлива.

Основными их недостатками являются громоздкость, дороговизна и малая удельная производительность.

Дальнейшее развитие техники сжигания сточных вод привело к созданию многоподовых печей и печей с псевдоожиженным слоем. Однако имеющиеся существенные недостатки – сложность технологической схемы подготовки и сжигания сточных вод и недостаточная стойкость футеровки – ограничили широкое их распространение.

В связи с огромным разнообразием и сложностью химических процессов, появлением сложных соединений различного класса, пластификаторов, синтетических материалов, ядохимикатов и др. резко возросла необходимость в поиске путей эффективного обезвреживания сточных вод различных производств, содержащих токсичные органические и неорганические вещества. Описанные выше методы и способы термического обезвреживания сточных вод оказываются не в состоянии обеспечить надежную их очистку и утилизацию

содержащихся в них солей. В этих случаях наиболее надежным, а часто и экономически целесообразным, является огневой способ обезвреживания в циклонных печах.

Циклонные печи для обезвреживания сточных вод применяются на Чебоксарском химкомбинате (разработчики НИОПИК совместно с ВТИ), Щекинском и Новокемеровском химкомбинатах (МЭИ и ОКБ ЭТХИМ) и др.

Циклонные топки по сравнению с камерными и шахтными обладают целым рядом преимуществ, связанных, в первую очередь, с лучшей организацией смешения воздуха с топливом, что позволяет резко увеличить теплонапряжение топочного объема. В циклонных топках значительно удлиняется процесс сжигания во времени и сравнительно просто решается вопрос о выгрузке плава.

Недостатками циклонных печей являются частичный унос солевой массы газом (иногда до 60%) и загрязнение поверхностей котлов – утилизаторов. Кроме того, недостаточная утилизация теплоты уходящих газов приводит к излишнему расходу топлива, а следовательно, увеличению затрат на обезвреживание сточных вод.

Наконец, в последние годы начали применяться установки как за рубежом (например, “Пренко Супер Е³”), так и в нашей стране (например “Вихрь”) для локального сжигания стоков небольшой производительности, использующие принцип барботажа (барботажные горелки).

К недостаткам установок типа “Вихрь” можно отнести возможность обезвреживания стоков с ограниченной влажностью (до 65%), повышенным содержанием нефтепродуктов (30...50%) и отсутствие рекуперации теплоты отходящих газов.

Однако, несмотря на столь существенные качественные преимущества метода термического обезвреживания и термической очистки сточных вод промышленных предприятий, его применение в современных условиях является достаточно ограниченным и несоответствующим потенциальным возможностям последнего и относится, главным образом, лишь только к

области **обезвреживания** путем прямого сжигания небольших количеств высококонцентрированных по органическим примесям жидких отходов производств или сжигания с выпариванием небольших количеств высококонцентрированных по минеральным веществам сточных вод.

Основными недостатками методов термического обезвреживания и термической очистки сточных вод промышленных предприятий, препятствующих дальнейшему расширению применения последних, являются:

1) высокая стоимость процесса термического обезвреживания и термической очистки сточных вод промышленных предприятий, обусловленная, прежде всего, большой удельной затратой топлива в процессе обезвреживания в существующих промышленных установках ;

2) конструктивная сложность и большие размеры установок;

3) высокая начальная стоимость установок ;

4) недостаточная надежность установок ;

5) сложность эксплуатации установок ;

6) трудность осуществления полной и высоконадежной автоматизации установок.

Результаты проведенного литературного обзора позволили сформулировать основные направления рационализации рабочего процесса установок термического обезвреживания и очистки сточных вод, а также послужили основанием для постановки задач исследований.

Во второй главе приводятся описание и результаты предварительных испытаний экспериментальной установки для термического обезвреживания сточных вод, принципиальным отличием которой является подача в камеру сгорания сточной воды преимущественно в паровой фазе, причем парообразование осуществляется за счет глубокой рекуперации теплоты уходящих газов путем высокотемпературного подогрева под повышенным давлением сточной воды и последующего частичного адиабатного испарения последней. Реализация этого принципа приводит к существенному снижению удельного расхода топлива. Указанные материалы, полученные Латыповым

Р.Ш., Корноноговым А.П., Дыбленко В.М., указывают, что проведенные исследования подтвердили правильность выбранных принципов и высокую эффективность процесса, надежность работы, простоту конструкции установки.

В то же время были выявлены и некоторые “узкие” места, которые не были доработаны авторами:

- имеет место повышенный унос солей с паровой фазой из паросепаратора.

Поэтому возникла необходимость в экспериментальном изучении процесса сепарации пара из высококонцентрированной сточной воды (гл.2);

- форсунки с коническими соплами для распыливания концентрированной (продувочной) сточной воды, содержащей и механические включения, не достаточно надежны в эксплуатации. Задир, царапины калиброванного отверстия форсунки, вызываемые механическими примесями, ухудшают процесс распыливания.

Поиск путей решения этой проблемы привел нас к созданию предельно простой и надежной конструкции распыливающего устройства (гл.2);

- определение степени повышения концентрации примесей в циркуляционном контуре путем экспериментального изучения их содержания в пробе сточной воды создавало трудности и неудобства в регулировании режима работы установки.

Предложен метод регулирования режима работы установки путем использования реологических (например, плотностных) характеристик сточной воды различной концентрации (гл.3);

- не были найдены оптимальные режимы установки.

Получены уравнения материального баланса и проведена оптимизация энергозатрат на установке (гл.4);

- установлено, что в жидкой фазе, выходящей из паросепаратора, не содержатся легкокипящие органические компоненты (ацетон).

Это явление дало возможность создания установок для термической очистки сточных вод путем устройства последовательно двух паросепараторов – высокого и низкого давления (гл.5).

Во второй главе приведены описание лабораторной установки и результаты изучения возможности термического обезвреживания сточной воды (в качестве примера) производства текстильного стекловолокна.

При проведении экспериментальных исследований производился анализ газообразных продуктов процесса, наблюдение за изменением температуры газового потока по длине реакционной камеры. Как показали опыты, устойчивое течение процесса и полное термическое обезвреживание сточных вод достигается при температуре окончания процесса 850...900⁰С.

Вторая глава посвящена также изучению некоторых принципов проектирования паросепараторов применительно к сточным водам с повышенным содержанием примесей.

Эффективность и экономичность процесса сепарации фаз сточной воды в паросепараторах определяется исключительно величиной содержания вредных примесей в уносимой паром капельках жидкости.

Известно, что центробежная сепарация парожидкостных систем отличается высокой эффективностью. Изучение закономерностей сепарации пара в паровом пространстве циклонного паросепаратора показывает, что унос капельной влаги с паром в основном зависит от скорости пара, высоты паросепаратора и состава воды в паросепараторе.

Экспериментально на лабораторной установке найдена зависимость уноса солей паром y из паросепаратора от величины подъемной скорости пара ω и степени повышения концентрации примесей k в потоке сточной воды, выходящей из паросепаратора, по отношению к концентрации в исходной сточной воде. Полученная зависимость имеет вид

$$y = 5,925 \cdot k \cdot (\exp(1,958 \cdot \omega) - 1)$$

и представлена на рис.1. Сравнительный анализ величин, полученных по найденному уравнению и экспериментальным значениям, показал, что относительная средняя погрешность 5,17%, а нормированная дисперсия $R^2 = 0.9924$, т.е. модель вполне адекватна.

Успешное обезвреживание сточных вод во многом зависит и от хорошей работы распыливающего их устройства. Разработка, теоретическое обоснование и описание конструкции эффективного распыливающего устройства приведено также во второй главе.

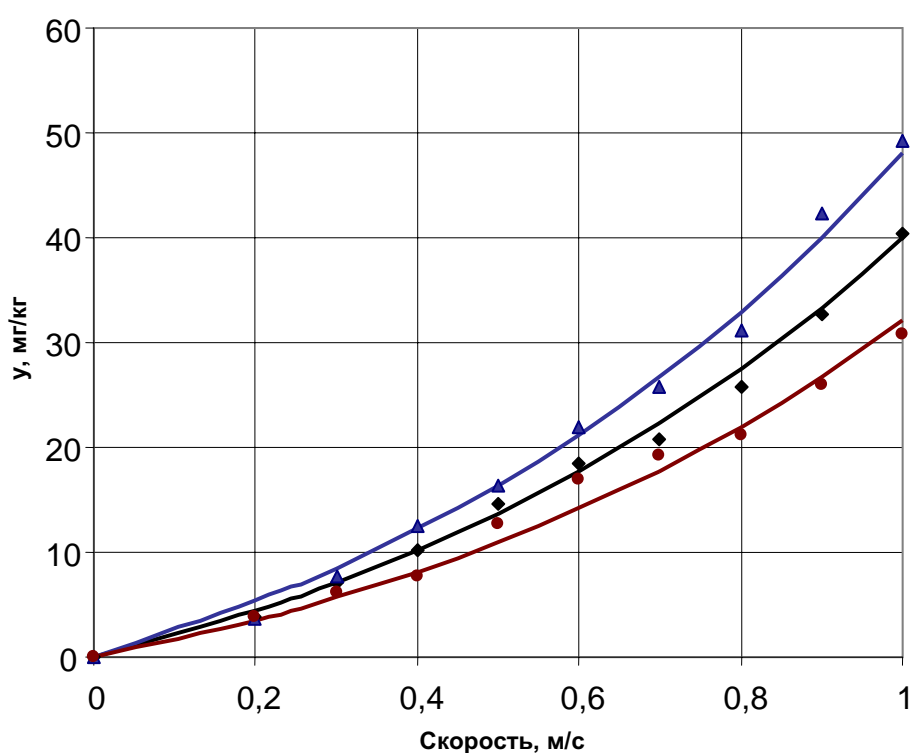


Рис. 1. Зависимость уноса солей паром из паросепаратора от их концентрации и подъемной скорости

Третья глава посвящена изучению некоторых реологических свойств сточных вод.

Предложенный способ (гл. 2) термического обезвреживания стоков основан на разделении нагретой под повышенным давлением сточной воды на паровую и жидкую фазы. Непрерывный процесс испарения воды в циклонном

сепараторе сопровождается повышением концентрации примесей в потоке жидкости, циркулирующем в нагревательно-испарительном контуре установки.

Выполненные исследования (гл.4) показывают, что наиболее эффективными являются технологические режимы термической очистки сточных вод, в которых степень повышения концентрации примесей в циркуляционном контуре установки имеет значение, иногда достигающее 100...200.

При эксплуатации предложенных установок для термического обезвреживания и очистки сточных вод требуется вести непрерывный контроль режимных параметров, в частности, за оптимальной величиной концентрации примесей (растворенных солей и газов, взвешенных веществ и др.), циркулирующих в нагревательно-испарительном контуре.

Проведенный анализ возможных факторов выявил, что наиболее удобными и простыми для этой цели параметрами, контролируя которые можно однозначно определять режим работы установки, являются:

-плотность для сточных вод, содержащих растворенные примеси (растворы);

-вязкость для сточных вод, содержащих взвешенные вещества (эмульсий, суспензий).

Поэтому изучались плотностные свойства сточной воды (представителя растворов) производства аскорбиновой кислоты (рис.2) и вязкостные свойства сточной воды (представителя эмульсий) производства стекловолокна (рис.3).

Используя эти зависимости, измеряя плотность или вязкость, можно контролировать и управлять режимом работы установок.

В четвертой главе рассмотрены вопросы оптимизации процессов термического обезвреживания сточных вод.

Для аналитических расчетов оптимальных режимов установки получены уравнения материального баланса в абсолютных и удельных (кг/кг сточной воды) величинах, среди которых наиболее важными являются:

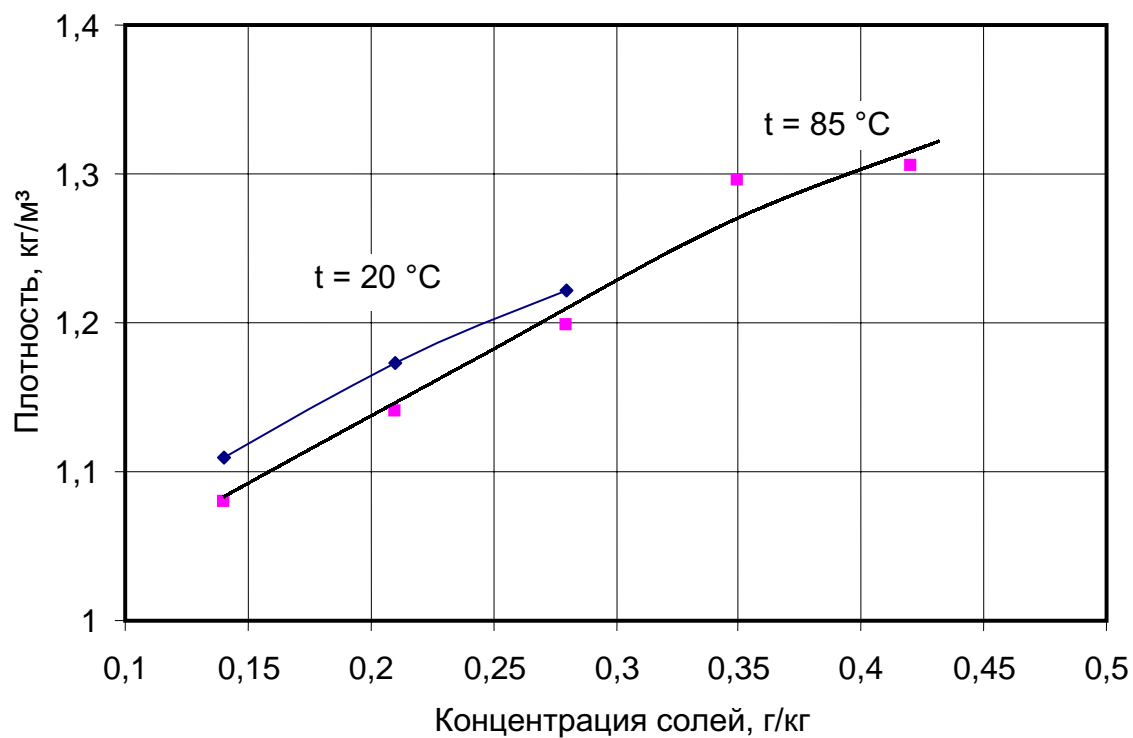


Рис. 2. Зависимость плотности от концентрации примесей на примере сточной воды производства аскорбиновой кислоты

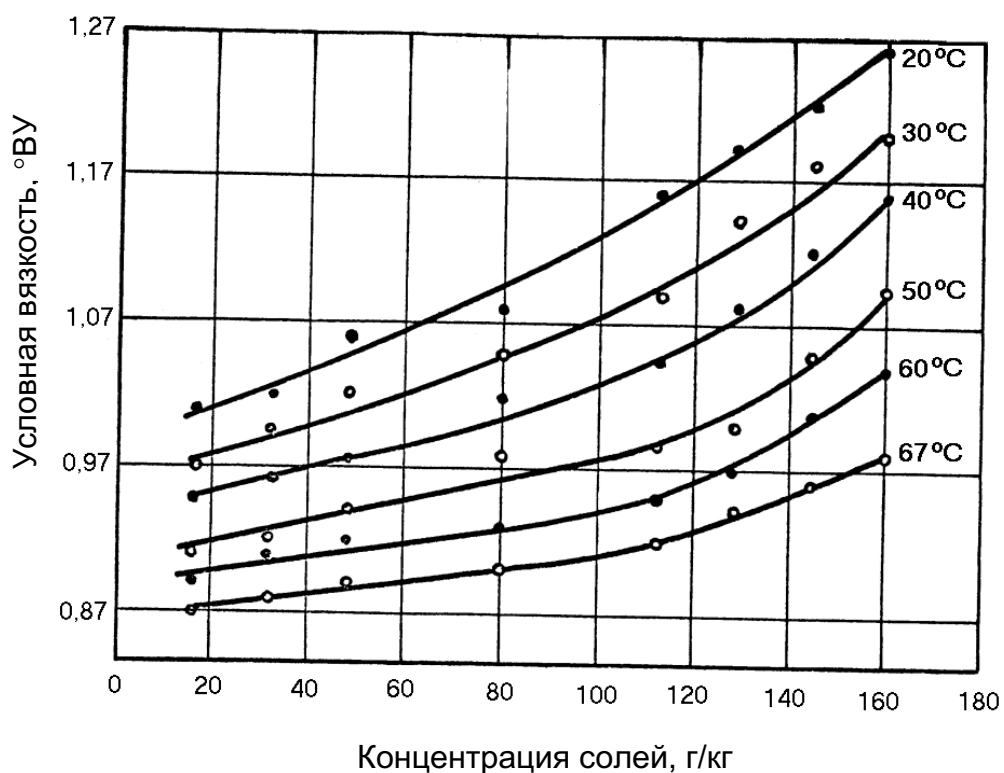


Рис.3. Зависимость условной вязкости от концентрации примесей на примере сточной воды производства текстильного стекловолокна при различных температурах сточной воды

- удельный расход паровой фазы из паросепаратора

$$b = \frac{k[1 - x(1 - g_1)] - 1}{k(1 - x)};$$

- удельный расход концентрированной продувочной сточной воды, подаваемой в камеру сгорания в жидком виде,

$$n = \frac{1 - kg_1 x}{k(1 - x)};$$

- удельный расход «чистой» воды в продувочной сточной воде

$$n^1 = \frac{1 - kg_1}{k(1 - x)},$$

где k – степень повышения концентрации примесей в сточной воде, выходящей из паросепаратора g_3 по отношению к их концентрации в исходной сточной воде;

g_1 – концентрация примесей в исходной сточной воде, кг/кг;

x – степень сухости пара в паросепараторе.

Для примера на рис.4 приведены графические зависимости b и n^1 при различных степенях повышения концентрации примесей k .

На основании экспериментальных и расчетных данных установлены зависимости удельного расхода паровой фазы из сепаратора, расхода сточной воды, циркулирующей в контуре установки, удельного расхода электроэнергии и топлива, потребляемых установкой, от концентрации примесей в циркуляционном контуре установки g_2 .

Показано, что с повышением концентрации g_2 возрастает выход паровой фазы, т.е. большая доля сточной воды подается в камеру сгорания в виде пара и соответственно уменьшается расход сточной воды на продувку. Это, в свою очередь, снижает удельный расход топлива, т.к. в камере сгорания расходуется меньше теплоты, необходимой для испарения и перегрева влаги. Однако увеличение g_2 сопровождается увеличением расхода сточной воды, циркулирующей в нагревательно-испарительном контуре установки G_2 . В

экспериментах значения G_2 изменялись от $5G_1$ до $27G_1$ в диапазоне изменения g_2 от 0,22 до 0,61 кг/кг сточной воды.

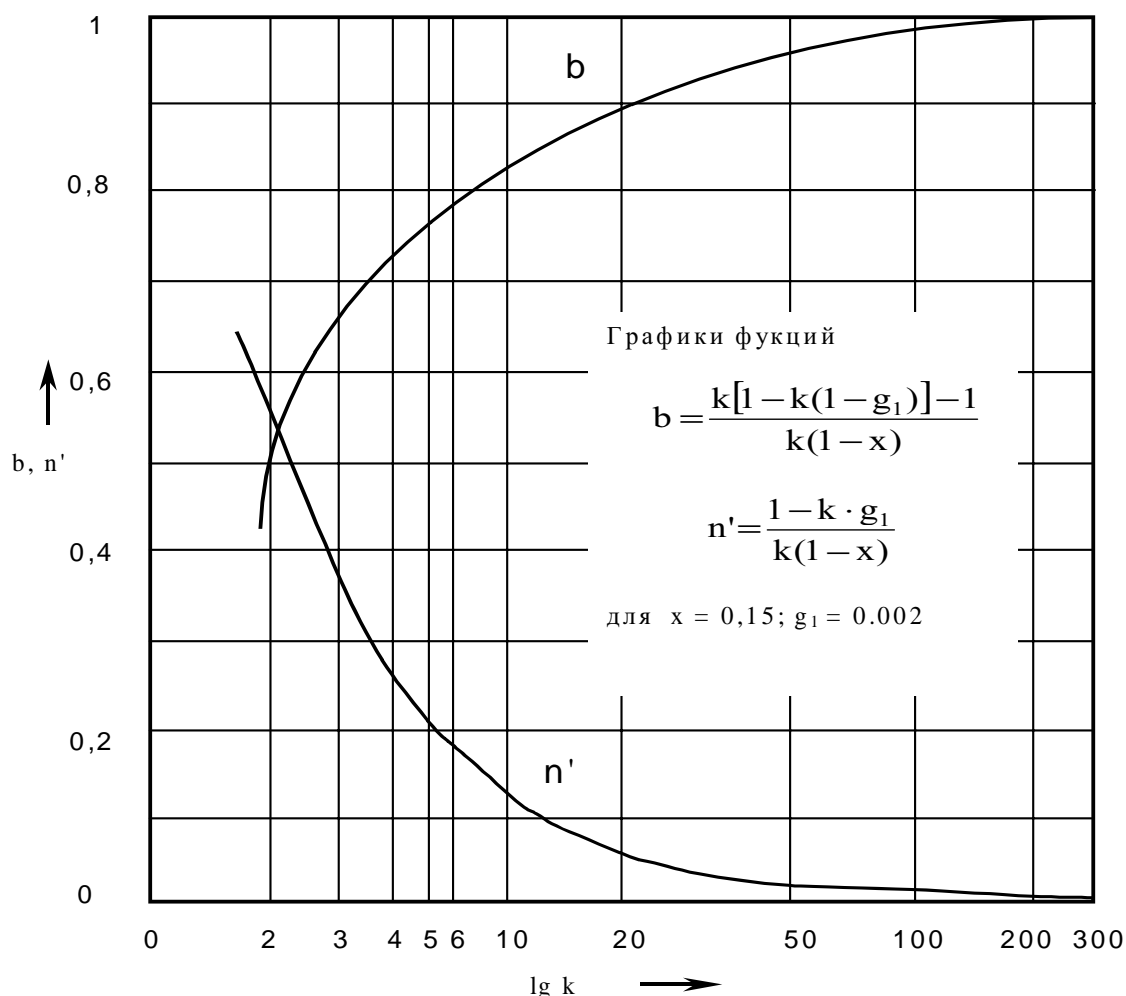


Рис. 4. Зависимость b и n^I от степени повышения концентрации примесей k

Увеличение G_2 вызывает увеличение потребляемой электрической энергии на привод циркуляционного насоса, являющегося основным ее потребителем на установке.

Полученные зависимости позволяют определить оптимальную концентрацию g_2 , при которой себестоимость суммарных энергозатрат для термического обезвреживания с глубокой рекуперацией тепла будет наименьшей. Для сточной воды производства аскорбиновой кислоты наименьшая себестоимость обезвреживания получается при концентрации $g_2 = 0,45 \dots 0,55$ кг/кг сточной воды. Дальнейший рост g_2 приводит к опережающему росту затрат на электроэнергию.

В комбинированных установках, сопряженных, например, с технологическими печами, где подогрев сточной воды осуществляется за счет утилизации теплоты уходящих из печей газов, затраты на электроэнергию становятся определяющими.

Энергетическую эффективность подобных установок будут определять давления в циркуляционном контуре p_0 и паросепараторе p_c .

Получено уравнение для определения оптимального давления p_0 , при котором затраты на привод электропотребляющих агрегатов будут минимальными:

$$75p_0 - 10p_0^{0,75} + 0,25p_c = 0.$$

При этом давление в паросепараторе p_c принимается из технологических соображений.

В пятой главе рассмотрены эффективные способы и устройства для термического обезвреживания и очистки сточных вод.

Подробно описан вариант конструкции рекуперативной печи для сжигания сточных вод (рис. 5), которая состоит из циклонной камеры сгорания (позволяющей полное термическое обезвреживание горючих веществ и вывод шлаков в жидком виде), радиационной (для высокотемпературного подогрева воздуха) и конвективной (для подогрева сточной воды под повышенным давлением) секций. Одновременно конструкция печи позволяет осуществлять грануляцию уносимых с газами примесей с целью предотвращения заноса теплообменных поверхностей.

В пятой главе рассмотрены:

- схема, позволяющая ликвидировать стоки с высокой степенью вязкости и значительным содержанием смолистых веществ, не позволяющих производить непосредственный их подогрев (из-за возможности закоксовывания) в змеевиковом теплообменнике, расположенном в газоходе

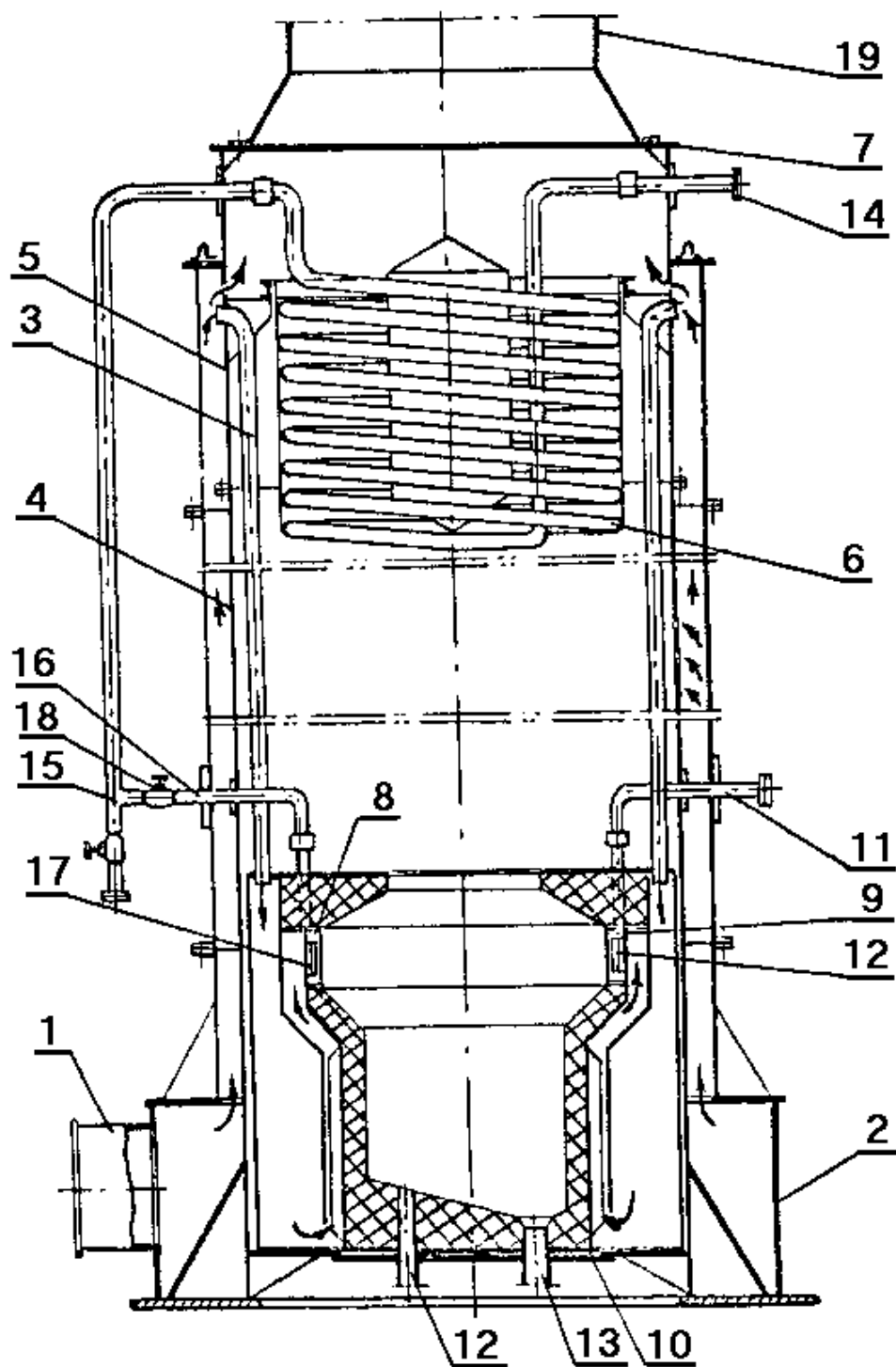


Рис.5. Конструктивная схема печи для сжигания сточных вод:

1 – входной воздушный патрубок; 2 – кольцевой канал; 3 – воздухонагревательные трубы; 4 – нижняя часть обечайки печи; 5 – верхняя часть обечайки печи; 6 – змеевиковый теплообменник; 7 – верхний фланец печи; 8,9 – воздушные сопла; 10 – камера сгорания; 11 – топливный патрубок; 12 – топливная форсунка; 13 – летка; 14 – входной патрубок в змеевиковый теплообменник; 15 – выходной патрубок из змеевикового теплообменника; 16 – продувочный патрубок; 17 – распыливающее устройство; 18 – регулировочный вентиль; 19 – патрубок для выхода дымовых газов

печи. Проблема решается применением наружного трубчатого теплообменника и промежуточного высокотемпературного теплоносителя;

- схема, позволяющая осуществлять термическую очистку (регенерацию) сточных вод, т.е. получение чистого водяного конденсата и, одновременно сжигание образующегося при этом концентрированного кубового остатка. При этом паровая фаза из паросепаратора в камеру сгорания не подается, а направляется в конденсатор для подогрева исходной сточной воды;

- схема, позволяющая осуществлять термическую очистку сточных вод, содержащих легколетучие органические вещества, в которой устанавливается последовательно два паросепаратора – высокого и низкого давления. Паровая фаза из паросепаратора высокого давления, содержащая легколетучую органику, направляется в камеру сгорания для обезвреживания, а паровая фаза из паросепаратора низкого давления, представляющая собой чистый водяной пар, направляется в систему теплоснабжения предприятия или, после конденсации, сливается в канализацию;

- схема установки, сопряженная с технологической печью, позволяющая за счет использования вторичных энергетических ресурсов “перерабатывать” стоки без дополнительного расхода топлива. Расчеты показывают, что за каждой печью тепловой мощностью 16 Гкал/ч и температурой уходящих газов $t_{yx} = 400^{\circ}\text{C}$ можно установить нагреватель полезной мощностью 2 Гкал/ч. Это позволит “перерабатывать” практически от 2-х до 10 т/ч стоков с содержанием воды от 95 до 15% соответственно. При этом большая часть нефтепродуктов и воды может быть возвращена в технологический цикл.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработаны рекомендации, направленные на развитие путей совершенствования термических методов обезвреживания и очистки сточных

вод нефтеперерабатывающих, химических и нефтехимических производств. Установлено, что наиболее рациональным является подача сточной воды в камеру сгорания печи преимущественно в паровой фазе, получаемой путем высокотемпературного ее подогрева под повышенным давлением в газоходе печи и последующего фазового перехода за счет адиабатического сброса давления в паросепараторе. Таким образом, создается возможность глубокой рекуперации теплоты уходящих газов и снижения удельного расхода топлива.

2. Предложено эффективное устройство для термического обезвреживания сточных вод, реализующее рекомендации, изложенные в п.1.

3. Изучена возможность термического обезвреживания сточных вод текстильного стекловолокна, содержащих разнообразные органические и минеральные вещества. Установлено, что полное обезвреживание вредных веществ происходит при температурах 850...900⁰С

4. Найдена расчетная зависимость уноса солей паром из паросепаратора от подъемной скорости пара и степени повышения концентрации примесей в потоке сточной воды, выходящей из паросепаратора, по отношению к концентрации в исходной сточной воде.

Уравнение для расчета уноса солей паром можно использовать при проектировании паросепараторов.

5. Предложена конструкция распыливающего устройства для сжигания нагретых под повышенным давлением сточных вод, позволяющая получить высокую дисперсность распыла независимо от концентрации содержащихся в потоке примесей, в том числе и механических.

Устройство обладает предельно простой конструкцией, не имеет калиброванных отверстий, требующих высокой точности изготовления. В существующих распыливающих устройствах в процессе эксплуатации появляются задиры, царапины калиброванного отверстия, ухудшающие распыливание жидкостей, содержащих механические включения. В предложенном устройстве шероховатости, являясь центрами парообразования,

наоборот, способствуют получению гомогенного потока испаряющейся сточной воды при адиабатном снижении ее давления.

6. Рекомендован способ регулирования режимными параметрами установок для термического обезвреживания сточных вод путем определения плотности (для растворов) и вязкости (для эмульсий), используя для этого полученные в работе графические зависимости.

7. Аналитически и экспериментально установлено, что оптимальная концентрация повышения примесей сточной воды в установках для термического обезвреживания сточных вод производства аскорбиновой кислоты лежит в пределах 0,45...0,55 кг/кг сточной воды.

8. Показана возможность создания высокоэффективной установки для термического обезвреживания сточных вод с использованием теплоты уходящих газов технологической печи.

Установлена эмпирическая зависимость определения оптимального давления, при которой осуществляется нагрев в теплообменном аппарате, установленном в газоходе печи.

9. Предложены схемы для термического обезвреживания и очистки промышленных стоков, содержащих вредные примеси различного класса соединений.

Основные результаты работы опубликованы в следующих научных трудах:

1. Нигматуллина Э.Р., Латыпов Р.Ш. Печь для термической очистки сточных вод // Материалы 48 науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ.- Уфа, 1997.-С.198-199.

2. Басыров Д.З., Нигматуллина Э.Р., Латыпов Р.Ш. Принципиальная разработка форсунки для сжигания высоковязких топлив // Материалы 49 науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ.- Уфа, 1998.- С.103-104.

3. Нигматуллина Э.Р., Латыпов Р.Ш. Влияние состава сточной воды на унос солей из паросепаратора // Наука и технология углеводородных дисперсных систем: Науч. тр. Второго Международного симпозиума. Т. 2.-Уфа: Изд-во «Реактив», 2000. – С. 224-225.

4. Кузеев И.Р., Латыпов Р.Ш., Нигматуллина Э.Р. Эффективные способы и устройства для термического обезвреживания и очистки сточных вод // Научно-технические достижения в газовой промышленности: Сб. науч. тр.- Уфа: УГНТУ, 2001.- С. 433-440

5. Нигматуллина Э.Р. Изучение возможности термического обезвреживания сточных вод производства стекловолокна // Научно-технические достижения в газовой промышленности: Сб. науч. тр.- Уфа: УГНТУ, 2001.- С. 441-445.

6. Латыпов Р.Ш., Нигматуллина Э.Р. Материальный баланс технологического процесса установок термического обезвреживания жидких отходов промышленных предприятий.//Промышленная и технологическая безопасность: проблемы и перспективы: Сб. науч. трудов. – Уфа, 2002.- С.218-225.

7. Нигматуллина Э.Р., Латыпов Р.Ш. Минимизация эксплуатационных затрат в установках для термического обезвреживания сточных вод. //Промышленная и технологическая безопасность: проблемы и перспективы: Сб. науч. тр. – Уфа, 2002.- С.210-217.

8. Нигматуллина Э.Р. Исследование реологических свойств эмульсий. //Промышленная и технологическая безопасность: проблемы и перспективы: Сб. науч. тр. – Уфа, 2002.- С.172-176.

Соискатель

Э.Р. Нигматуллина