СЛАБАЯ АЗОТНАЯ КИСЛОТА, КОНЦЕНТРИРОВАННАЯ СЕРНАЯ КИСЛОТА, РЕКУПЕРИРОВАННЫЕ И УЛОВЛЕННЫЕ КИСЛОТЫ, ОТРАБОТАННАЯ СЕРНАЯ КИСЛОТА, ТЕХНОЛОГИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНЦЕНТРАЦИОННАЯ КОЛОННА ТИПА БМКСХ, АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ОХРАНА ТРУДА, ЭКОНОМИКА, НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ВЫБРОСОВ.

**технология концентрирование серная кислота**

*Объектом* проектирования является цех по регенерации отработанной серной кислоты.

Цель проектирования: разработка технологии концентрирования серной кислоты.

В процессе работы проводился аналитический обзор по разрабатываемой теме, выбран оптимальный метод производства. Предложена модернизация концентрационной колонны типа БМКСХ, т. е увеличение числа абсорбционных ступеней, и частичная автоматизация процесса. Представлены материальные и тепловые расчеты, расчеты основного аппарата – колонна типа БМКСХ; экономическое и экологическое обоснование нововведений и проекта в целом. Рассмотрены вопросы автоматизации и охраны труда. Показана возможность уменьшения себестоимости при усовершенствовании основного аппарата и автоматизации технологического процесса.

Проектные предложения рекомендованы к внедрению на ФКП КГКПЗ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1Технологическая часть

2.1 Теоретические основы процессов

2.2 Характеристика исходного сырья и готовой продукции

2.3 Операционное описание технологического процесса

2.3.1 Принцип действия и назначение основного оборудования

3 Расчетная часть

3.1.1 Материальные расчеты отделения денитрации и концентрирования азотной кислоты

3.1.2 Материальные расчеты отделения концентрирования серной кислоты

3.2 Тепловые расчеты

3.2.1 Тепловые расчеты отделения денитрации и концентрирования азотной кислоты

3.2.2 Тепловые расчеты отделения концентрирования серной кислоты

4 Производственный контроль

4.1 Порядок допуска материалов в производство

4.2 Прием кислот со стороны

4.3 Технологический контроль

5 Автоматизация и автоматизированные системы управления

5.1 Краткое описание технологического процесса

6 Строительно – монтажная часть

7 Работа предприятия в чрезвычайных ситуациях

7.1 Противопожарные мероприятия

7.2 Предохранительные мероприятия

7.3 Правила при утечке СДЯВ

7.4 Связь и сигнализация

7.5 Меры оказания первой помощи

8 Стандартизация

9 Безопасность и экологичность проекта

9.1 Общая характеристика участка

9.2 Характеристика веществ, применяемых на участке

9.3 Безопасность ведения процесса

9.4 Средства индивидуальной защиты

9.5 Шум и вибрация

9.6 Вентиляция

9.7 Микроклимат

9.8 Пожарная профилактика средства пожаротушения

9.9 Освещение

9.10 Электробезопасность и статическое электричество

9.11 Молниезащита

9.12 Экологичность проекта

10. Экономическое обоснование проекта

10.1 Режим работы проектируемого производства

10.2 Расчет годового выпуска продукции

Заключение

Список использованной литературы

Приложения

ВВЕДЕНИЕ

Казанский пороховой завод выпускает пироксилиновые пороха и заряды практически ко всем видам вооружения, лаковые коллоксилины, пластифицированную нитроцеллюлозу, порошковую нитроцеллюлозу, охотничьи и спортивные пороха, лакокрасочные материалы, пиротехническую продукцию, ферросилидовое литье и нестандартное оборудование. Предприятие разрабатывает, изготавливает и монтирует вихревые колонны для рекуперации кислот с характеристиками на уровне лучших мировых аналогов.

Завод является разработчиком и ведущим производителем изделий из высококремнистого чугуна (ферросилида) марок ЧС - 15, ЧС - 17. Предприятие выпускает следующие изделия из ферросилида: трубы, насосы для перекачки агрессивных сред, коррозийно-стойкую запорную арматуру, фасонные изделия, ферросилидовый анод.

На сегодняшний день 10-15 % регенерированной серной кислоты /1/ используется для получения взрывчатых веществ и синтетических красителей, 75-80 % - для получения сульфатов и сложных минеральных удобрений. Значительное количество концентрированной серной кислоты применяется для очистки продуктов перегонки нефти, в текстильной промышленности.

В настоящее время развитие производств, применяющих смесь азотной и серной кислот в качестве нитрующего агента, привело к получению огромных количеств отработанных кислотных смесей. Эти смеси с экономической точки зрения необходимо регенерировать и в необходимых расчетных концентрациях возвращать обратно в производственный цикл, тем самым удешевляя единицу себестоимости готовой продукции. Цех № 3 ФКП КП КПЗ выпускает сырье для производства взрывчатых веществ и лакокрасочной продукции, для чего использует нитрующую смесь, поэтому цех № 2, ранее выпускающий азотную и серную кислоты, сегодня регенерирует возвратные кислотные смеси, так как при этом себестоимость продукта резко снижается, а значит и затраты предприятия.

Состав отработанных кислот, поступающих на регенерацию, колеблется в довольно широких пределах. В одних случаях они представляют сильно разбавленные кислотные смеси с содержанием азотной кислоты 5 – 10%, в других случаях отработанные кислоты содержат 1 – 2% азотной кислоты и 65 – 70% серной кислоты, в которой растворены окислы азота N2O3, образующие нитрозилсерную кислоту HNSO5. Регенерация таких смесей представляет собой определенные трудности и требует изыскания все новых и новых способов, обеспечивающие нормальное ведение процесса разгонки отработанных кислот, а также получение азотной и серной кислот, которые по своим качествам и техническим характеристикам не уступают свежим кислотам применяемым для нитрации.

Начальной ступенью регенерации отработанных кислот является их денитрация. Этот процесс заключается в выделении их кислотной смеси азотной кислоты и окислов азота, содержащихся в смеси. В результате проведения процесса денитрации получается 68 – 70% серная кислота, которая поступает на концентрирование, после чего направляется на производство нитроцеллюлозы или в случае необходимости, может быть снова направлена непосредственно в цикл нитрации.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ

При установившемся в денитрационной колонне ГБХ (поз.1) равновесном процессе, HNO3 из смеси кислот, поступающей в колонну (поз.1) на тарелку испарения, частично уходит на нижележащие тарелки, откуда снова отгоняется на тарелку испарения. В процессе дистилляции, то есть отгонки HNO3 из тройной смеси, поднимающиеся вверх пары обогащаются более летучим компонентом – HNO3, а в движущуюся вниз жидкость переходит менее летучий компонент – вода.

Процесс испарения HNO3 происходит /3/ главным образом в средней части колонны (поз.1). Серная кислота, пройдя эту зону, содержит в себе растворенные окислы азота, переходящие из тройной смеси. Даже если в тройной смеси не было бы растворенных окислов азота, то при частичном разложении HNO3 происходит выделение окислов, которые взаимодействуя с H2SO4, образуют нитрозилсерную кислоту:

2H2SO4 + N2O3 = 2HNSO5 + H2O + 86250 Дж (2.1)

Диоксид или четырехоксид азота, реагируя с концентрированной H2SO4, образует нитрозилсерную кислоту и азотную кислоту:

2NO2 + H2SO4 = HNSO5 + HNO3 (2.2)

Процесс разложения нитрозилсерной кислоты с выделением окислов азота характеризуется как процесс денитрации. Однако термин "денитрация" служит для обозначения процесса, обратного этерификации. В данном случае более правильно процесс разложения нитрозилсерной кислоты называть процессом гидролиза:

2HNSO5 + 2H2O = 2H2SO4 + 2HNO2 (2.3)

2HNO2 = H2O + N2O3 (жид) (2.4)

N2O3 (жид) = N2O3 (газ) (2.5)

N2O3 (газ) = NO (газ) + NO2 (газ) (2.6)

Азотистая кислота (HNO2), образующаяся при гидролизе по реакции (2.3) неустойчива и распадается:

2HNO2 = H2O + HNO3 + 2NO (2.7)

Нитрозилсерная кислота является довольно стойким соединением, которое при концентрациях H2SO4 выше 70% не разлагается полностью даже при температуре кипения. При разбавлении H2SO4 водой происходит гидролиз нитрозилсерной кислоты, степень которой увеличивается с понижением концентрации H2SO4 и повышением температуры.

Таблица 2.1 – Зависимость степени разложения HNSO5 от концентрации H2SO4 при 15-20 ºС

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Концентрация H2SO4, % | Степень разложения HNSO5 , % | Концентрация H2SO4, % | Степень разложения HNSO5 , % |
| 98  95  92  90 | 1,1  4,0  7,3  12,4 | 81  80  70  57,5 | 19,4  27,7  49,8  100,0 |

Как видно из зависимости, начиная с концентрации 57,5% серной кислоты, нитрозилсерная кислота совершенно отсутствует. Отработанная серная кислота, выходящая из колонны (поз.1), должна содержать минимально возможное количество окислов азота. Это необходимо не только для исключения потерь N2O3, но и устранения нитрозилсерной кислоты, обладающей сильно разрушающими свойствами.

Поэтому гидролиз нитрозилсерной кислоы в колонне ГБХ (поз.1) /1/ является важной стадией процесса. С увеличением температуры, степень гидролиза нитрозилсерной кислоты увеличивается. Образующийся при разложении азотистой кислоты монооксид азота незначительно растворяется в разбавленной серной кислоте. Гидролиз нитрозилсерной кислоты ведут с помощью перегретого до 250 ºС водяного пара, который подается с таким расчетом, чтобы разбавление кислоты конденсатом соответствовало массовой доли H2SO4 68 – 70 %. В отработанной серной кислоте содержится до 0,03% азотной кислотыи растворенных окислов азота. Последние образуют с серной кислотой до 0,01 % нитрозилсерной кислоты.

После стадии денитрации разбавленная серная кислота отправляется на стадию концентрирования /3/. В процессе концентрирования разбавленной серной кислоты, имеющиеся в ней примеси, в частности, продукты неполного сгорания топлива (когда концентрирование ведется непосредственным соприкосновением упариваемой кислоты с топочными газами), вызывают разложение серной кислоты вследствие ее восстановления до SO2. Восстановление в основном идет за счет углерода, содержащегося в примесях и в топливе по реакции:

2H2SO4 + С = СО2 + 2SO2 + 2 H2O (2.8)

За счет этого происходят некоторые потери кислоты при ее упаривании. В процессе разгонки тройной смеси в колонне образуются нитрозные газы, которые поступают на поглощение в абсорбер (поз.4). Наиболее распространенный способ поглощения нитрозных газов – водой с образованием слабой HNO3. На поглощение поступают нитрозные газы различной степени окисления. Окислы азота, содержащиеся в нитрозных газах NO2, N2O4, N2O3 реагируют с водой

2NO2 + H2O = HNO3 + HNO2 + 116 кДж (2.9)

N2O4 + H2O = HNO3 + HNO2 + 59,2 кДж (2.10)

N2O3 + H2O = 2HNO3 + 55,6 кДж (2.11)

Процесс поглощения нитрозных газов водой связан с растворением в ней диоксида азота, четырехоксида и трикосида азота с образованием HNO3 и азотистой кислоты.

В газовой среде вследствие взаимодействия паров воды с нитрозными газами, также получается HNO3 и азотистая кислота. Образовавшаяся при помощи нитрозных газов азотистая кислота – малоустойчивое соединение, которое разлагается по реакции:

2HNO2 = HNO3 + 2NO + H2O – 75,8 кДж (2.12)

Суммарная реакция образования HNO3:

2NO2 + H2O = HNO2 + HNO3 (2.13)

3HNO2 = HNO3 + 2NO + 2H2O (2.14)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3NO2 + H2O = 2HNO3 + NO (2.15)

N2O3 + H2O = 2HNO2 (2.16)

3HNO2 = HNO3 + H2O + 2NO (2.17)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3N2O3 + H2O = 2HNO3 + 4NO (2.18)

Так как в нитрозных газах содержится незначительное количество триоксида азота, обычно технологические расчеты производят по NO2. Как видно из реакций (2.12) – (2.18) 2/3 поглощенного диоксида азота идет на образование HNO3, 1/3 его выделяется в виде монооксида азота.

Отсюда следует, что при поглощении водой нитрозных газов невозможно все количество NO2 превратить в HNO3, так как в каждом цикле всегда 1/3 NO х будет выделяться в газовую фазу.

Однако указанные поглощения не являются совершенными и нитрозные газы перед выбросом в атмосферу следует дополнительно очистить от окислов азота.

Отсюда следует, что в последнем абсорбере орошение ведется не водой, а азотной кислотой с массовой долей 5 %, которая до 0,003% поглощает окислы азоты. Выбрасываемые в атмосферу газы при этом соответствуют санитарным нормам, т.е. не превышают установленных ПДК.

2.2 ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

2. Чистая безводная азотная кислота малоустойчива /1/ и разлагается при обычных температурах.

Молекула HNO3 имеет следующее строение:

атом кислорода

атом водорода

атом азота

Рисунок 2.1 – Строение молекулы азотной кислоты

В газовой фазе молекула HNO3 является плоской. Температура кристаллизации HNO3 равна – 41.58 ºС. При этой температуре кристаллы имеют белоснежный вид. Элементарная ячейка кристаллической решетки азотной кислоты содержит 16 молекул HNO3. плотность кристаллической HNO3 1895 *кг / м3*.

Плотность жидкой HNO3 увеличивается с повышением давления. При 20 ºС и давлении 1, 102 и 340 *атм* она составляет соответственно 1512.6; 1526.4; 1547 *кг / м3*/2/.

Температура кипения чистой азотной кислоты при атмосферном давлении составляет 82.6 ºС.

2. Серная кислота – бесцветная едкая тяжелая маслообразная жидкость /4/ без запаха, плотность 1.84 *г / м3*, смешивается с водой в любых соотношениях. Безводная серная кислота растворяет до 70% оксида серы (VI). При обычной температуре она не летуча и не имеет запаха. При нагревании отщепляет SO3 до тех пор, пока не образуется раствор, содержащий 98,3 % H2SO4. Безводная H2SO4 почти не проводит электрический ток. Кипит и разлагается при 340 ºС, образуя триоксид серы и водяной пар:

H2SO4 (Ж) → SO3 (Г) + H2O (2.20)

Высокая температура кипения и большая вязкость серной кислоты обусловлены наличием водородных связей между атомами кислорода соседних молекул. В таблице 2.3 представлены основные характеристики /3/ основных материалов и в таблице 2.4 основные характеристики готовой продукции.

Таблица 2.2 – Характеристика исходного сырья

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование сырья и материалов | Нормативный документ | | Показатели, обязательные для проверки | | | Регламентируемые показатели с допуском | |
| 1 | 2 | | 3 | | | 4 | |
| 1.Слабая  азотная кислота |  | | Массовая доля HNO3, % не менее | | | 50 | |
| 2.Регенериро-  ванная серная  кислота | ГОСТ 2184 – 77 | | Массовая доля (H2SO4), %, не менее | | | 91 | |
|  | | | | | | | |
|  | |  | |  | | |  |
|  | |  | | Массовая доля железа (Fe), %, не  более  Массовая доля остатка после прокаливания, %, не более  Массовая доля оксида азота (N2O3), %, не более | | | 0,2  0,4  0,01 |
|  | |  | | Массовая доля нитросоединений, %, не более. | | | 0,2 |
| 3. Техническая вода | |  | | pH, не менее  Жесткость, мг-  экв/кг, не менее | | | 7  20 |
| 4. Пар перегретый | |  | | Температура на входе, ºС, не менее  Давление на входе, атм., не менее | | | 120  1 |
| 5. Отработанная  кислота | |  | | Массовая доля HNO3, %, не | | | 16 |
|  | | | | | | | |
|  | |  | | |  | |  |
| 6. Природный газ | | ГОСТ 5542 – 78 | | | менее  Массовая доля  H2SO4, %, не менее  - | | 40  - |

Таблица 2.3 – Характеристика готовой продукции

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование продукта | | Нормативный документ | | Показатели, обязательные для проверки | Регламентируемые показатели с допуском | | |
| Марка А | Марка Б | |
| 1 | | 2 | | 3 | 4 | 5 | |
| 1. Концентриро-ванная азотная кислота | | ГОСТ 701-89 | | Массовая доля HNO3, % не менее | 98,6 | 97,5 | |
|  | |  | | Массовая доля моногидрата (H2SO4), %, не менее. | 0,05 | 0,06 | |
|  | |  | | Массовая доля оксида азота (N2O3), %, не вболее.  Массовая | 0.2  0.014 | 0.3  0.025 | |
|  |
| 2. Концент-рированная серная  кислота | 2184 – 77 | | доля остатка после прокаливания, %, не более. 0,3  Массовая доля (H2SO4), %, не  менее  Массовая доля железа (Fe), %, не более Массовая доля остатка после прокаливания, %, не более  Массовая доля оксида азота (N2O3), %, не более | | 91  0,2  0,01  0.2 | |  | |

Примечание: 1. Для азотной кислоты марки Б, получаемой методом регенерирования отработанных кислот, допускается норма по показателю 1 не менее 97,0 %.

Норма по показателям 1, 3 установлены на момент отгрузки.

2.3 ОПЕРАЦИОННОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Технологический процесс получения /3/ концентрированной серной кислоты и денитрации рекуперированных и уловленных кислот состоит из следующих операций:

- концентрирование слабой азотной кислоты;

-денитрация рекуперированных и уловленных кислот;

- абсорбция окислов азота и азотной кислоты;

- концентрирование серной кислоты;

Цех по регенерации отработанной серной кислоты предназначен для получения концентрированной серной кислоты концентрации не менее 92%.

1. Концентрирование слабой азотной кислоты.

Слабая азотная кислота /3/ концентрации не менее 48%; отработанная кислота, которая состоит из 16% HNO3, 40% H2SO4, 44% H2O; серная кислота концентрации не менее 92% при температуре 20 ºС из напорных баков (поз.5) самотеком через щелевые расходомеры поступают в концентрационную колонну ГБХ (поз.1).

Уровень кислот в напорных баках (поз.5) поддерживается постоянным с помощью щелевых расходомеров.

Концентрированная серная кислота поступает на 4 – 6 царги колонны (поз.1), слабая азотная кислота в 8 – 9 царги, отработанная кислота поступает в десятую царгу колонны (поз.1).

Одновременно с подачей кислот в дно колонны (поз.1), в противоток стекающей смеси кислот для отгонки азотной кислоты из отработанной серной кислоты, подается через форсунку водяной пар. Пар, нагретый до температуры 250 °С и сжатый до 2,45 МПа, поступает из 7 цеха. При этом в колонне (поз.1) образуется тройная смесь. Серная кислота присоединяет к себе воду, понижая парциальное давление водяных паров в смеси. В нижней части колонны

происходит концентрирование серной кислоты за счет испарения азотной кислоты.

Перегретый пар /1/ подается в нижнюю часть колонны (поз.1) и при прохождении до 13-11 тарелки отдает тепло перегрева, на вышележащих тарелках передается тепло конденсации.

2. Денитрация рекуперированных и уловленных кислот.

Для денитрации отработанной серной кислоты ее нагревают паром с таким расчетом, чтобы тепло, вводимое с паром, было достаточным для нагревания смеси до 150 – 160 ºС. Поэтому перегретый пар подают в колонну ГБХ (поз.1) с начальной температурой 250 ºС и поддерживают концентрацию отработанной серной кислоты 68 – 70 %. При этом содержание нитрозилсерной кислоты составляет не более 0,05 – 0,1 %, что значительно меньше содержания нитрозилсерной кислоты, если смесь нагревать глухим паром. В этом случае ее содержание составляет 1 – 2 %.

Азотная кислота, освобожденная от воды, но с большой массовой долей окислов азота, в парообразном виде поднимается в верхние царги колонны (поз.1) 6, 7, где, барботируя через слой серной кислоты, окончательно теряет влагу, затем проходит через царги № 4, 5, которые служат брызгоуловителями серной кислоты.

В колонне ГБХ (поз.1) постоянно поддерживается разрежение 1,27 МПа и температура 135 ºС во избежание взрыва, так как процесс идет с выделением большого количества тепла.

Освобожденные от влаги пары азотной кислоты поступают в верхние две царги колонны (поз.1), образующие дефлегматор, где за счет продувки паров азотной кислоты через стекающую противотоком из конденсатора в жидком виде азотную кислоту происходит отдувка окислов азота. Отработанная серная кислота концентрации не более 70% поступает в отделение концентрирования отработанной серной кислоты.

3. Абсорбция окислов азота и азотной кислоты.

Окислы азота, образовавшиеся в колонне ГБХ (поз.1), поступают в холодильник – конденсатор (поз.2), где за счет охлаждения происходит конденсация азотной кислоты из парообразного состояния в жидкое. Процесс охлаждения идет за счет подачи воды с начальной температурой 5 ºС, на выходе ее температура равна 30 ºС.

Сконденсированная азотная кислота стекает в общий коллектор конденсатора и пройдя холодильник (поз.2), с температурой 30 ºС поступает в склад готовой продукции.

Из склада готовой продукции концентрированная азотная кислота передается на нитрование целлюлозы.

Серная кислота постепенно, насыщаясь водой, стекает по царгам вниз и перекачивается в отделение концентрирования серной кислоты.

Несконденсировавшиеся пары азотной кислоты и окислы азота поступают в холодильник - конденсатор (поз.3) для отделения от брызг азотной кислоты и далее поступают в абсорбер (поз.4), куда на орошение подается вода. При этом протекают реакции:

2NO2 + H2O = HNO3 + HNO2 + 116.1 кДж (2.20)

N2O4 + H2O = HNO3 + HNO2 + 59.2 кДж (2.21)

N2O3 + H2O = 2 HNO2 +55.4 кДж (2.22)

Процесс образования разбавленной азотной кислоты включает следующие стадии:

- диффузия оксидов азота из газовой в жидкую фазу;

- взаимодействие оксидов азота с водой и образование азотной и азотистой кислот;

- разложение азотистой кислоты до азотной кислоты и оксида азота (II).

Азотистая кислота, образующаяся при абсорбции окислов азота водой в абсорбционной башне (поз.9), малоустойчива и разлагается.

Суммарная реакция разложения азотистой кислоты связана с образованием окиси азота и азотной кислоты:

3HNO2 = HNO3 + 2NO + H2O – 75.87 кДж (2.23)

С повышением температуры скорость этой реакции резко увеличивается, однако и при обычной температуре скорость разложения азотистой кислоты довольно велика.

Суммарная реакция образования азотной кислоты описывается уравнениями:

2NO2 + H2O = HNO2 + HNO3  (2.24)

3HNO = HNO + 2NO + HO (2.25)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3NO2 + H2O = 2HNO3 + NO + 136.2 кДж (2.26)

и

N2O3 + H2O = 2HNO2  (2.27)

3HNO2 = HNO3 + 2NO + H2O (2.28)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3N2O3 + H2O = 2 HNO3 + 4 NO (2.29)

В обычных условиях поглощения двуокиси азота (0,3 – 10 % NO + NO2 в газе, 25 – 40°С, 0,001 – 0,008 МПа) скорость процесса абсорбции определяется скоростью диффузионного процесса. В первой (кинетической) области при малом содержании NO2 в газе (до 0,3 %) скорость абсорбции пропорционально концентрации двуокиси азота и не зависит от линейной скорости газа; во второй (диффузионной) области при высоком содержании NO2 в газе скорость абсорбции зависит и от линейной скорости газа.

Главными факторами, определяющими большую скорость образования азотной кислоты из окиси азота, являются проведение процесса абсорбции под давлением при пониженных температурах с применением богатых по содержанию окислов азота нитрозных газов и создание условий для более полного соприкосновения газа с жидкостью.

Далее идет процесс абсорбции, который протекает в абсорбционной башне (поз.9), которая имеет колосниковую решетку, на которой уложены кольца Рашига для увеличения поверхности контакта фаз.

Полученная в процессе абсорбции 5% - ая азотная кислота идет на подпитку для получения более концентрированной кислоты. В результате процесса абсорбции образуется 40%-ая азотная кислота, которая поступает в сборный бак (поз. 7), откуда с помощью центробежных насосов возвращается в цикл.

Перед пуском агрегата колонну разогревают паро - воздушной смесью. Затем включают выхлопной вентилятор, создают в колонне вакуум порядка 15-20 мм рт.ст и через нижний штуцер подают пар низкого давления и атмосферный воздух. Начальная температура такой паро – воздушной смеси не превышает 50ºС. Дальнейшее повышение температуры смеси проводится равномерно, без скачков, со скоростью 10ºС за 15 мин. Через 2-3 часа нагревания в верхней царге достигается температура 80-90ºС, при этом температура паро – воздушной смеси около 150ºС. Затем уменьшают подсос воздуха и повышают температуру смеси. В колонну для промывки парового конденсата подают концентрированную серную кислоту. Тепло, выделяющееся при разбавлении H2SO4 конденсатом, а также физическое тепло пара расходуется на поддержание в верхней части колонны температуры не ниже 80ºС.

В разогретую колонну постепенно подают разбавленную азотную кислоту, доводя нагрузку агрегата до нормальной. Период пуска агрегата до установления полной нагрузки и нормального режима составляет до 10 часов. Такой длительный пусковой период обусловлен хрупкостью ферросилида и большой чувствительностью его к изменениям температуры.

При остановке агрегата прекращают подачу азотной кислоты и уменьшают подачу серной кислоты. Через полчаса прекращают ввод пара в колонну. За это время азотная кислота будет полностью удалена из колонны, после чего прекращают подачу серной кислоты.

4. Концентрирование серной кислоты.

Процесс концентрирования серной кислоты производят в аппаратах – концентраторах вихревого типа (БМСКХ). Концентрирование серной кислоты осуществляется в концентраторах вихревого типа, представляющий собой вихревую ферросилидовую колонну. Процесс концентрирования осуществляется топочными газами при температуре от 600 до 900ºС. Горячие газы подаются в первую ступень вихревой колонны концентрирования серной кислоты.

Вихревая колонна состоит из пяти рабочих ступеней и одной брызгоуловительной ступени. Первая по ходу газового потока ступень выполнена в виде цилиндрической емкости, футерованной изнутри кислотоупорным кирпичом. Горячий газовый поток, нагретый в топке, при температуре 900ºС подается в днище колонны (первую ступень по ходу газового потока ступень концентратора) тангенциально через футерованный канал. Воздух в топку нагнетается воздуходувкой, а расход его регулируется задвижкой.

Вторая, третья, четвертая, пятая рабочие, абсорбционные и брызгоуло-вительная ступени выполнены конструктивно одинаковыми и изготовленными из высоко - кремнистого чугуна – ферросилида марки ЧС – 15. Отработанная (70 % - ная) серная кислота при температуре от 150 ºС до 170 ºС из колонны денитрации (поз.1) по трубопроводу 6.1 подается на шестую ступень концентратора (вихревой колонны) (поз.13). Расход ее устанавливается по щелевому расходомеру.

Контактирование горячих газов /3/ и кислоты осуществляется в колонне в противоточном режиме. Топочные газы, поступающие в первую ступень концентратора, поднимаясь вверх со ступени на ступень, контактирует с кислотой и концентрируют ее на ступенях.

При этом газы насыщаются парами воды и освобождаются от брызг кислоты на брызгоуловительных ступенях. Далее отходящие газы поступают в эжектирующее устройство. В эжектирующем устройстве за счет подсоса холодного воздуха происходит снижение температуры отходящих газов. Далее отходящие газы поступают в аппарат – брызголовушку, где происходит отделение брызг и капель кислоты от газового потока.

Вода подается на верхнюю абсорбционную ступень в количестве 1,0 – 2,0 л / мин. Расход воды регулируется вентилем и устанавливается по ротаметру. Образующаяся при абсорбции слабая (50 – 60 %) серная кислота и уловленные брызги серной кислоты подаются на укрепление на первую ступень колонны. Температура отходящих газов после брызголовушки составляет 110 – 130 ºС. Далее отходящие газы поступают в эжектирующее устройство и трубу выброса газов. Эжектирующее устройство /2/ служит для охлаждения газов до 60 – 70 ºС. Образующийся при охлаждении газов конденсат направляется в колонну.

Отходящие газы при 40 – 60 ºС направляются через трубу выброса газа в атмосферу. Серная кислота перетекает со ступени на ступень вниз, концентрируется и в виде продукционной 91 % серной кислоты с выхода первой ступени поступает в холодильник. Из холодильника серная кислота перетекает в сборник готовой продукции. Режим работы концентратора /3/ представлен в таблице 3.1.

Таблица 2.4 - Режим работы концентратора серной кислоты

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование показателя | Норма |
| 1 | 2 |
| Массовая доля регенерированной серной кислоты, %, не менее | 92 |
| Температура топочных газов при  входе в концентратор, ºС | 900 |
| Давление природного газа, МПа | 0,1 |

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | 2 |
| Давление воздуха перед топкой, МПа | 0,008 – 0,013 |
| Массовая доля отработанной серной кислоты, %, не более | 70 |
| Температура отработанной серной  кислоты, ºС | 160 – 180 |
| Температура низа колонны, ºС | 180 – 200 |
| Температура верха колонны, ºС | 150 – 165 |

При нагревании водных растворов серной кислоты составы паровой и жидкой фаз неодинаковые – паровая фаза содержит больше воды, чем жидкая. При нагревании водных растворов серной кислоты, и, следовательно, массовая доля серной кислоты в растворе повышается.

С повышением массовой доли серной кислоты разность между количеством жидкой и паровой фаз уменьшается (рис. 2.3).

Так, например, если в парах над серной кислотой с массовой долей 80 % содержатся только следы серной кислоты, то над серной кислотой с массовой долей 90 % в парах ее содержится примерно 10 %, а над серной кислотой с массовой долей 98,3 % состав паровой и жидкой фаз неодинаков. Это хорошо видно на диаграмме кипения водных растворов серной кислоты при 0,098 МПа.

С повышением массовой доли растворов /1/ серной кислоты температура ее кипения повышается. Кривая температур кипения растворов серной кислоты имеет экстремум, где обе кривые, определяющие состав жидкой и паровой фаз, сливаются, следовательно, состав их одинаков. Состав газовой фазы над 98,3 % - ной серной кислотой (т. е. моногидратом и олеумом) также отличается от жидкой фазы, в газовой фазе содержится больше серной кислоты или сернистого ангидрида, чем в жидкой.

При упаривании концентрированной серной кислоты и олеума при достижении 98,3 % - ной серной кислоты содержание серной кислоты в растворе остается постоянным

Вследствие образования азеотропной смеси теоретически массовая доля серной кислоты может быть повышена простым выпариванием до 98,3 % - ной практически же ее доводят не более, чем до 96 %.



Рисунок 2.3 – Диаграмма состава пара над жидкой серной кислотой при

температуре кипения и давлении 1атм (0,098 МПа)

При концентрировании серной кислоты протекают 2 основных процесса: испарение воды и передача теплоты.

В данном производстве используется установка с непосредственным обогревом кислоты. В концентраторе вихревого типа с соприкосновением горючих топочных газов и кислоты обеспечивается высокая интенсивность процессов массо – и теплопередачи.

Однако недостатком этого метода является туманообразование /4/ серной кислоты и разложение ее по формуле:

H2SO4 → SO2 + ½ О2 + Н2О (2.30)

Данный метод несмотря на свои недостатки нашел широкое применение в производстве нитратов целлюлозы, производимые на территории ФКП КГКПЗ.

Раскисление серной кислоты при ее концентрировании.

Серная кислота, поступающая на концентрирование, обычно содержит примеси тех продуктов, в производстве которых она была применена. Серная кислота, полученная после концентрирования слабой азотной кислоты, содержит до 0,03 % окислов азота и азотной кислоты.

При концентрировании серной кислоты примеси в отдельных случаях вызывают значительное раскисление /4/ серной кислоты до сернистого ангидрида, что приводит к большим потерям серной кислоты при ее упарке.

Раскисление в основном идет за счет углерода по уравнению:

2 H2SO4 + С → СО2 + 2SO2 + 2 Н2О (2.31)

Поэтому даже при концентрировании сравнительно чистых, свободных от органических примесей растворов серной кислоты частицы несгоревшего топлива приводят к значительному разложению серной кислоты. Ракисление при концентрировании серной кислоты в отдельных случаях сопровождается обильным вспениванием кислоты, что осложняет процесс концентрирования.

2.3.1 ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНОГО ОБРУДОВАНИЯ

1. Концентрационная колонна типа ГБХ (поз.1) состоит из отдельных царг, изготовленных из ферросилида. Каждая царга /3/ отливается в месте с днищем (тарелкой), переходящим в центре в горловину. Горловина тарелки закрывается круглым зубчатым колпачком для барботирования паров через слой жидкости. На горловине сделаны приливы. Жидкость перетекает с тарелки на тарелку через переточные трубки, расположенные поочередно с противоположных сторон от центра тарелки.

Некоторые царги отливаются вместе со штуцерами для ввода и вывода азотной и концентрированной серной кислоты. Нижняя царга является одновременно промежуточным сборником отработанной кислоты. В эту же царгу подается острый пар для денитрации разбавленной серной кислоты. Царги колонны собираются на прокладках из асбеста и зажимаются фланцами при помощи длинных болтов.

Колонна состоит из 20 царг. Габаритная высота ее 6925 *мм*, диаметр 980 *мм*, высота одной царги 250 *мм* (кроме нижней и верхней царг, имеющих высоту 600 *мм* и 645 *мм* ). Толщина стенки царги 25 *мм*, диаметр колпака 480 *мм*.

Перед пуском агрегата колонну разогревают паровоздушной смесью. Затем включают выхлопной вентилятор, создают в колонне вакуум порядка 15-20 мм рт.ст и через нижний штуцер подают пар низкого давления и атмосферный воздух. Начальная температура такой паровоздушной смеси. Начальная температура такой паровоздушной смеси не должна превышать 50ºС. Дальнейшее повышение температуры смеси проводится равномерно, без скачков, со скоростью 10ºС за 15 мин. Через 2-3 часа нагревания в верхней царге достигается температура 80 – 90ºС, при этом температура паровоздушной смеси должна быть около 150ºС. Затем уменьшают подсос воздуха и повышают температуру смеси. В колонну для промывки парового конденсата подают концентрированную серную кислоту. Тепло, выделяющееся при разбавлении H2SO4 конденсатом, а также физическое тепло пара расходуется на поддержание в верхней части колонны температуры не ниже 80ºС.

В разогретую колонну постепенно подают разбавленную азотную кислоту, доводя нагрузку агрегата до нормальной. Период пуска агрегата до установления полной нагрузки и нормального режима составляет до 10 часов. Такой длительный пусковой период обусловлен хрупкостью ферросилида и большой чувствительностью его к изменениям температуры.

2. Конденсатор (поз.2) предназначен /3/ для конденсации парообразной крепкой азотной кислоты. Он выполнен из ферросилидовых труб в количестве 64 штук с размерами: h = 2000 м, D = 1000 мм.

Тип - оросительный. Имеются кольца Рашига. Размеры холодильника: h = 2780 мм, D = 560 мм, F = 65мм2.

3. Холодильник – конденсатор (поз.3) предназначен для охлаждения и конденсации нитрозных газов. Представляет собой вертикально-установленный стальной цилиндр с двумя трубными решетками, в которых развальцована 121 труба из кислотоупорной стали, концы цилиндра заканчиваются газовыми коробками для прохождения нитрозных газов.

Размеры холодильника: h = 3290 мм, D = 690 мм, F = 50 м2.

4. Абсорбер (поз.4) предназначен для получения слабой азотной кислоты. Колонна представляет собой стальной цилиндр из кислотоупорной стали размерами: h = 6800 мм, D = 700 мм, F = 75м2.

В нижней части колонна имеет колосники и решетку из кислотоупорной стали 12Х18Н10Т. На колосниковой решетке установлено пять рядов колец «Аурги» с размерами 75 х 75 мм, а сверху насыпаны кольца Рашига. Башня закрыта крышкой из кислотоупорной стали, на которой смонтированы оросители разбрызгивающего типа.

5. Напорный [3] бак (поз.5 1 – 3) представляет собой алюминиевый цилиндр с размерами: h = 2700мм, D = 700 и предназначен для приемки отработанной кислоты из 3-его цеха, серной кислоты после ее концентрирования, и готовой азотной кислоты, далее поступающие в производство концентрированной азотной кислоты.

6. Сборный бак (поз.6 1 – 3) представляет собой алюминиевый цилиндр с размерами: h = 2700мм, D = 700 и предназначен для приемки отработанной кислоты из 3-его цеха, серной кислоты после ее концентрирования, и готовой азотной кислоты

7. Абсорбционная башня (поз.9) предназначена для получения слабой азотной кислоты. Башня представляет собой стальной цилиндр из кислотоупорной стали с размерами: h = 11800 мм, d = 3700 мм. В нижней части башня имеет колосники и решетку из кислотоупорной стали 12Х18Н10Т. На колосниковой установлено пять рядов колец «Аурги» с размерами 75 × 75 мм, а сверху насыпаны кольца «Рашига». Башня закрыта крышкой из кислотоупорной стали, на которой смонтированы оросители разбрызгивающего типа.

8. Топка (поз.12) предназначена для сжигания топлива, представляющая собой стальной барабан с размерами: диаметр d = 2800 мм, длина *L* = 6200 мм.

Внутри топка футерована огнеупорным кирпичом. Условно топка разделена на 2 камеры:

а) Камера горения, где происходит сгорание топлива;

б) Камера смешения, где происходит смешение горячих топочных газов с холодным воздухом.

Топка работает под давлением. Спереди установлен стальной короб, в котором вентилятором воздуходувки подается воздух.

Для регулировки подаваемого воздуха и создания вихревого движения при горении в горловине установлен завихритель конструкции Котляренко. – завод «Пластмасс», г. Котовск..

9. Холодильник (поз.18) серной кислоты /3/ предназначен для охлаждения продукционной серной кислоты до температуры 60 – 95 ºС.

Техническая характеристика холодильника /3/ продукционной серной кислоты:

1. Производительность по продукционной серной кислоте 80 – 120 т/сут

2. Расход охлаждающей воды в холодильник: 12,5 м3 / ч

3. Поверхность фторопластовых охлаждающих элементов: 24 м2

Размеры холодильника:

Высота – 1515 мм

Диаметр – 3300 мм 2

4. Общий вес холодильника – 6000 кг

5. Материал корпуса холодильника: Ст. 3 и изнутри футерован кислотоупорным кирпичом и кислотоупорной плиткой.

Охлаждающие элементы изготовлены из фторопластовых трубок.

Теплообменник фторопластовый: поверхность – 12 м2

10. Концентратор отработанной серной кислоты вихревого типа (БМСКХ) предназначен для концентрирования серной кислоты, состоящий из пяти рабочих ступеней, трех абсорбционных ступеней и одной брызгоуловительной ступени (поз.13). Работа вихревой колонны концентрирования серной кислоты основана на следующих принципах:

1. Применение прямоточного взаимодействия газовой и жидкой фаз в зоне контакта при сохранении противоточного движения потока по аппарату в целом.

2. Использование вихревого движения /3/ газожидкостного потока в зоне контакта фаз, обеспечивающего максимальную турбулизацию потока, обновление межфазной поверхности, широкий диапазон устойчивости работы контактных ступеней, а также эффективную сепарацию жидкости в поле центробежных сил.

3. Применение восходящего движения фаз в зоне контакта, обеспечивающего минимальный диаметр многоступенчатых аппаратов.

Принцип прямоточного движения газовой и жидкой фаз осуществляется в вихревом контактном устройстве (графическая часть), состоящем из тарелки, на которой установлен завихритель, и контактного патрубка. Завихритель газового потока расположен внутри контактного патрубка и изготовлен в виде глухого цилиндра, имеющего 8 тангенциально расположенных лопаток, образующие между собой тангенциальные щели для прохода жидкости. Завихритель расположен на нижней царге, а контактный патрубок на верхней царге 2 – ой ступени. Подача жидкости на ступень осуществляется в нижнюю царгу, а ее вывод из верхней царги.

Контактируемый газ входит в щель между лопатками завихрителя и приобретает вращательное движение. Серная кислота из вышележащей ступени по линии перетока поступает на нижнюю царгу ступени, протекает через прорези контактного патрубка во внутреннюю полость между завихрителем и внутренней стенкой контактного патрубка. Поток кислоты разделяется на две части. Часть кислоты эжектируется внутрь завихрителя и вылетает из него в виде капель и струй. Основная доля жидкости раскручивается газожидкостным потоком и движется по спирали вверх по внутренней стенке контактного патрубка. При этом жидкостная пленка непрерывно бомбардируется каплями и струями кислоты, вылетающими из завихрителя, и непрерывно многократно обновляет свою поверхность. Выходящий из щели завихрителя свежий газовый поток образует вихри жидкости, которые сливаются и движутся по спирали в восходящем потоке в виде высокотурбулизированного слоя жидкости, основная часть которой затем отсекается от газового потока под вышележащей царгой, служащей отбойником. Часть серной кислоты уносится газовым потоком на вышележащие ступени. Количество уносимой кислоты определяется расходами газовой и жидкой фаз, поступающих на ступень. За счет уноса определенного количества серной кислоты со ступени на ступень осуществляется такое распределение концентраций серной кислоты на ступенях, при котором величины пересыщения паров серной кислоты на ступенях не достигают критических значений и исключаются условия образования тумана серной кислоты. Отсепарированная на верхней царге серная кислота перетекает через внешний гидрозатвор на нижнюю царгу нижележащей ступени.

Серная кислота перетекает со ступени на ступень вниз, концентрируется и поступает в нижнюю часть колонны. На первой ступени кислота подхватывается газовым потоком и в виде капель и струй по тангенциальному каналу поступает в днище колонны, где раскручивается газовым потоком и поднимается в виде высокотурбулизированного слоя жидкости, струй, брызг по внутренней стенке днища колонны вверх, в зону сепарации по трубопроводу в холодильник.

Газовый поток, контактируя на ступенях с кислотой, отдаст ей свое тепло, освобождается от брызг кислоты на брызгоуловительных ступенях, и с содержанием кислых компонентов в пределах санитарных норм выбрасывается через трубу выброса газов в атмосферу.

3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1 МАТЕРИАЛЬНЫЕ РСЧЕТЫ

3.1.1. МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ОТДЕЛЕНИЯ ДЕНИТРАЦИИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

Для расчета примем исходные условия: массовая доля азотной кислоты – 98 %, массовая доля отработанной серной кислоты – 70 %, массовая доля регенерированной серной кислоты – 92 %.

Состав отработанных кислот, поступающих на денитрацию /3/:

а) от нитрации HNO3 - 16 – 26 %

H2SO4 – 46 - 66 %

H2O – 18 - 28 %

б) от абсорбционной установки

HNO3 – 50 %

H2O – 50 %

Расчет составлен на 1 тонну условной отработанной кислоты, поступающей в колонну ГБХ, учитывая, что отработанная кислота составляет 80%, а смесь азотной кислоты и воды – 20 %.

Выбираем средний состав кислот: HNO3 – 27%, H2SO4 – 45%, H2O – 28%.

Принимаем, что в отработанной кислоте содержится 3% азотной кислоты в виде окислов азота связаны в нитрозилсерную кислоту по реакции:

2H2SO4 + N2O3 = 2HNSO5 + H2O (3.1)

В колону поступает:

HNO3 – 24,3 %

H2SO4 – 13,5 %

H2O – 58,3 %

N2O3 – 0,9 %

HNSO5 – 3 %

Всего – 100 %

В процессе разгонки кислотных смесей и гидролиза HNSO5 в колонне протекают следующие реакции:

- разложение HNSO5

2HNSO5 + H2O = 2H2SO4 + NO2 +NO (3.2)

- разложение HNO3

2HNO3 = 2NO2 + H2O + ½O2  (3.3)

2HNO3 = N2 + H2O + 2 · ½O2  (3.4)

- разложение N2O3

N2O3 (газ) = NO (газ) + NO2 (газ) (3.5)

В колонну ГБХ поступает:

1. Перерабатываемая кислотная смесь в количестве G ´ = 1000 *кг*, в том числе:

HNO3 – 243 *кг*

H2SO4 – 135 *кг.*

H2O – 583 *кг.*

N2O3 – 9 *кг.*

HNSO5 – 30 *кг.*

2. Регенерированная серная кислота с массовой долей 92 % G ´ = 1900 *кг*, в том числе воды g 1 = 1900 · 0,08 = 152 *кг*.

3. Вода в виде перегретого пара g 2 = ∑ g расх - ∑ g прих

4. Азотная кислота с массовой долей 98 % G ´1 = 243 / 0,98 = 248 *кг*

Принимаем, что 3 % азотной кислоты разлагается на нитрозные газы и 1 % уносится с нитрозными газами.

Тогда из колоны выходит:

1. Азотная кислота с массовой долей 98 %:

G ´2 = 98 % ∙ G ´1, (*кг*) (3.1)

где G ´1 – количество азотной кислоты, поступающей в колонну.

G ´2 = 0,98 ∙ 248 = 243 *кг*

При этом с парами азотной кислоты уносится вода:

g 1 = 2 % · G ´2 , (*кг*) (3.2)

где G ´2 – количество азотной кислоты, выходящей из колонны.

g 1 = 243 · 0,02 = 4,86 *кг*

2. Нитрозные газы:

а) в колоне ½ количества (1,5 %) азотной кислоты разлагается до NO2 по реакции (3.3):

g 2 = 1,5 % · G ´1 , (*кг*) (3.3)

g 1 = 0,015 · 248 = 3,72 *кг*

При этом образуются газообразные вещества,:

NO2 , (*кг*) (3.4)



где *M* 1 – молекулярная масса оксида азота (IV), *кг/моль*; *M* 4 – молекулярная масса азотной кислоты, *кг/моль*.

NO2  *кг*



H2O , (*кг*) (3.5)



где *M* 2 – молекулярная масса воды, *кг*/*моль*.

H2O *кг*



O2 , (*кг*) (3.6)



где *M* 3 – молекулярная масса кислорода, *кг*/*моль*.

O2 *кг*



б) По реакции (3.4) разлагается ½ количества (1,5 %) азотной кислоты до N2:

N2 , (*кг*) (3.7)



где *M* 5 – молекулярная масса азота, *кг/моль*.

N2  *кг*



H2O , (*кг*) (3.8)



где *M* 2 – молекулярная масса воды, *кг/моль*.

H2O *кг*



O2 ,(*кг*) (3.9)



где *M* 3 – молекулярная масса кислорода, *кг/моль*.

O2 *кг*



3. При разложении N2O3 по реакции (3.5):

NO2 , (*кг*) (3.10)



где *M* 5 – молекулярная масса оксида азота (IV), *кг/моль*; *M* 4 – молекулярная масса оксида азота (VI), *кг/моль*.

NO2  *кг*



NO, (*кг*) (3.11)



где *M* 7 – молекулярная масса оксида азота (II), *кг/моль*; *M* 4 – молекулярная масса оксида азота (VI), *кг/моль*.

NO *кг*



4. При разложении нитрозилсерной кислоты по реакции (3.2):

NO2 , (*кг*) (3.12)



где *M* 1 – молекулярная масса оксида азота (IV), *кг/моль*; *M* 4 – молекулярная масса нитрозилсерной кислоты, *кг/моль*.

NO2  *кг*



NO, (*кг*) (3.13)



где *M* 7 – молекулярная масса оксида азота (II), *кг/моль*; *M* 4 – молекулярная масса оксида азота (VI), *кг/моль*.

NO *кг*



Выделившаяся в процессе реакции серная кислота вновь войдет в состав отработанной кислоты и ее количество составит 154 *кг*.

5. С нитрозными газами уносится 1 % азотной кислоты:

G ´3 = 1 % · G ´1 , (*кг*) (3.14)

где G ´1 – количество азотной кислоты, поступающей в колону.

G ´3 = 0,01 · 248 = 2,48 *кг*

6. Слабая серная кислота с массовой долей 70 %.

В колону поступает с кислотной смесью моногидрата H2SO4 – 154 *кг* и 1900 *кг* с массовой долей 92 %. Тогда жидкостная нагрузка по серной кислоте:

G ´3 = *кг*



При этом с этой кислотой уносится воды:

g 3 = 30 % · G ´3 , (*кг*) (3.15)

G ´3 – жидкостная нагрузка по серной кислоте, *кг*.

g 3 = 0,3 · 2720 = 816 *кг*. Принимаем g 3 = 820 *кг*.

В результате гидролиза получается следующее количество сухих нитрозных газов (без учета подсоса воздуха):

O2 = NO2 = 2,72 + 5,45 + 5,43 = 13,6 *кг*

или NO2 = 13,6 ∙ 22,4 / 46 = 6,62 *нм*

NO = 3,55 + 3,54 = 7,09 *кг*

или NO = 7,09 · 22,4 / 30 = 5,3 *нм*

N2 = 0,53 + 0,53 = 1,06 *кг*

или N2 = 1,06 ∙ 22,4 / 28 = 0,85 *нм*

O2 = 0,47 + 2,36 = 2,83 *кг*

или O2 = 2,83 · 22,4 / 32 = 1,981 *нм*

HNO3 = 2,48 *кг*

HNO3 = 2,48 · 22,4 / 63 = 0,88 *нм*

Всего: 24,58 *кг* или 14,76 *нм*.

4. Воздух, подсасываемый из помещения:

Принимаем, что подсасываемый воздух поступает при t = 20 ºС с относитель-ной влажностью 70%. Подсос воздуха через неплотности соединений царг принимаем равным 100 % объема сухих газов. Тогда V подс = 14,76 *нм..*

В том числе:

N2 = с 1 ∙ V подс , (*нм*) (3.16)

где с 1 = 78 % - массовая доля азота в сухом воздухе /5/; V подс – объем воздуха, подсасываемый через неплотности соединений царг, *нм*.

N2 = 0,78 ∙ 14,76 = 11,51 *нм*

O2 = с 2 · V подс , (*нм*) (3.17)

где с 2 = 21 % - массовая доля кислорода в сухом воздухе /5/; V подс – объем воздуха, подсасываемый через неплотности соединений царг, *нм*.

O2 = 0,21 · 14,76 = 3,10 *нм*.

Или N2 = 11,51 ∙ 28 / 22,4 = 14,40 *кг*

O2 = 3,10 ∙ 32 / 22,4 = 4,43 *кг*

Итого: 18,83 *кг*.

Масса водяных паров, поступающих в колонну с воздухом:

М Вод. пар. =18,83 · 0,01042 = 0,2 *кг*

где d 0 = 10,42 *г/ кг* сухого воздуха – влагосодержание

Количество и состав сухих газов, выходящих из колонны с учетом подсоса воздуха:

NO2 = 2,72 + 5,45 + 5,43 = 13,6 *кг*

или NO2 = 13,6 ∙ 22,4 / 46 = 6,62 *нм*

NO = 3,55 + 3,54 = 7,09 *кг*

или NO = 7,09 · 22,4 / 30 = 5,3 *нм*

N2 = 0,53 + 0,53 + 14,40 = 15,46 *кг*

или N2 = 15,46 ∙ 22,4 / 28 = 12,37 *нм*

O2 = 0,47 + 2,36 + 4,43 = 7,26 *кг*

или O2 = 7,26 · 22,4 / 32 = 5,10 *нм*

HNO3 = 2,48 *кг*

HNO3 = 2,48 · 22,4 / 63 = 0,88 *нм*

Итого: 45,89 *кг* или 30,27 *нм*.

Количество паров воды, уходящих из колонны с нитрозными газами при t = 35 ºС, определяем по формуле:

H2O = (*кг*) (3.18)



где *V* = 30,27 нм 3 – объем сухих газов; *р* – парциальное давление паров воды /5/, МПа; *М* – молекулярная масса воды, *кг/моль*.

р = 1,8 мм. рт. ст – парциальное давление воды над 98 % HNO3 при t = 35 ºС

p = 133.3 · 1.8 = 239.9 *Па*

H2O = *кг*



или в объеме

*нм*



Общий состав и количество газов, выделившихся из системы гидролиза и поступающих на поглощение:

NO2 = 13,6 *кг* или NO2 = 6,62 *нм*

NO = 7,09 *кг* или NO = 5,3 *нм*

N2 = 15,46 *кг* или N2 = 12,37 *нм*

O2 = 7,26 *кг* или O2 = 5,10 *нм*

HNO3 = 2,48 *кг* или HNO3 = 0,88 *нм*

H2O = 1,45 *кг* или H2O = 1,80 *нм*

Итого: 45,89 *кг* или 30,27 *нм*.

На основании полученных данных в таблице 3.1 приведен сводный баланс воды при регенерации кислотной смеси, в таблице 3.2 приведен сводный баланс по кислотам и нитрозным газам.

Таблица 3.1 – Сводный баланс воды при регенерации 1 тонны кислотной смеси

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Приход | Масса, *кг* | Расход | Расход, *кг* |
| 1. С перерабаты –  ваемой кислотной смесью  2. С серной кислотой с массо –  вой долей 92 %  3. С перегретым паром | 583  152  90 | 1. С отработанной серной кислотой  2. С парами азотной кислоты с массовой долей  98 % | 820  5 |
| Итого: | 825 | Итого: | 825 |

Таблица 3.2 – Сводный баланс по кислотам и нитрозным газам при регенерации 1 тонны кислотной смеси

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Приход | Масса, *кг* | Расход | Расход, *кг* |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. С азотной кислотой с массовой долей  50 %  2. С перерабаты-ваемой кислотной смесью  3. С серной кислотой с массовой долей  92 %  4. С воздухом с учетом влаги  5. С водой в виде подогретого пара | 333,40  666,60  1900  20,63  88,26 | 1. С азотной кислотой с массовой долей  96 %  2. С отработанной серной кислотой с массовой долей  70 %  3. С нитрозными газами с учетом подачи воздуха | 243  2720  45,89 |
| Итого: | 3008,89 | Итого: | 3008,89 |

3.1.2 МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ОТДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ОТРАБОТАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Для расчета принимаем следующие исходные данные:

Производительность концентратора по моногидрату H2SO4 – 31,5 тонн;

Массовая доля продукционной кислоты – 92 %;

Массовая доля отработанной серной кислоты, поступающей на концентрирова-ние – 70 %;

Потери серной кислоты с отходящими газами – 1,5 %;

Приход:

1. В вихревую колонну поступает разбавленная /3/ серная кислота с учетом 0,06 % потерь:

G*разб* = G · (1 – 0,0006), (*кг*) (3.19)

G*разб* = 7654,87 · 0,9994 = 7650,28 *кг*

в том числе воды:

G*H2O* = G*разб* · (1 – *w* / 100), (*кг*) (3.20)

G*H2O* = 7650,28 · (1 – 0,7) = 2295,08 *кг*

2. Топочные газы:

Соотношение серной кислоты с массовой долей 70 % и топочных газов равно 3:1. Следовательно, масса топочных газов, поступивших в колонну на концентрирование 70 % - ной серной кислоты: *m* = 2600 *кг*.

3. Вода, поступившая в концентратор на абсорбцию:

GH2O ´ = (*кг*), (3.21)



где G*разб* – количество серной кислоты, поступившей на концентрирование, *кг*; *w*1– массовая доля воды, содержащейся в разбавленной серной кислоте, %; *w* 2– массовая доля серной кислоты, поступившей на концентрирование, %.

GH2O ´ = = 3278,7 *кг*



Расход:

1. При концентрировании серная кислота разлагается по формуле:

H2SO4 = SO2 + H2O + ½ O2 (3.6)

Потери от разложения составляют 50% общих потерь или 0,03 %:

G*пот* = 0,03 % · G *разб*, (*кг*) (3.22)

G*пот* = G *разб* · 0,03 / 100 = 7650,28 · 0,0003 = 2,3 *кг*.

2. Потери вследствие уноса серной кислоты с дымовыми газами составляют

также 50% общих потерь (0,03%):

G *ун* = 0,03 % · G *разб*, (*кг*) (3.23)

G*ун* = 0,0003 ∙ 7650,28 = 2,3 *кг.*

1. Общие потери составляют:

G*пот* = G*ун* + G*разл* , (*кг*) (3.24)

G*пот* = 2,3 + 2,3 = 4,6 *кг*.

4. При разложении серной кислоты образуется:

H2SO4 = SO2 + H2O + ½ O2 (3.7)

SO2 = (*МSO2* / *М* H2SO4 ) · G*ун* , *кг*, (3.25)

где *М* H2SO4 – молекулярная масса серной кислоты,кг/моль; *М* SO2 – молекулярная масса оксида серы (VI), *кг/моль*; G *ун* – потери вследствие уноса серной кислоты с дымовыми газами, *кг*.

SO2 = (64 / 98) · 2,3 = 1,5 *кг*

H2O = (*МН2О* / *М* H2SO4 ) · G*ун* , (*кг*) (3.26)

где *М* H2O – молекулярная масса воды,кг/моль; *М* Н2SO4 – молекулярная масса серной кислоты, *кг/моль*; G *ун* – потери вследствие уноса серной кислоты с дымовыми газами, *кг*.

Н2O= (18 / 98) · 2,3 = 0,42 *кг*

O2 = (0,5 · *МО2* / *М* H2SO4 ) · G*ун* , (*кг*) (3.27)

где *М* H2O – молекулярная масса воды*, кг/моль*; *М* Н2SO4 – молекулярная масса серной кислоты, *кг/моль*; G *ун* – потери вследствие уноса серной кислоты с дымовыми газами, *кг*.

O2 = (0,5 · 32 / 98) · 2,3 = 0,38 *кг*,

5. В колонне выпаривается воды:

G*вых* = G*разб* · [(1 – *w* 3 / 100) – (1 – *w* 4 / 100)], (*кг*) (3.28)

где G*разб* – количество серной кислоты, поступившей на концентрирование, *кг*; *w*1– массовая доля разбавленной серной кислоты, %; *w* 2– массовая доля концентрированной серной кислоты, %.

G*вых* = 7650.28 · [(1 – 70 / 100) – (1 – 92 / 100)] = 1606,56 *кг*

На процесс абсорбции поступает вода в количестве 3278,7 *кг*. При этом на поглощение газов затрачивается по 5 % на каждой абсорбционной ступени, т. е. 15 % от общего количества воды и равно 491,81 *кг*. Остальное количество воды выходит из колонны.

6. Выход 92% продукционной H2SO4:

G*кон*= G *разл* – G*вых* , (*кг*) (3.29)

G*кон*= 7650.28 – 1606.56 = 6043,76 *кг*.

7. Приход кислоты по моногидрату (конденсат):

G *конд* = G*разб* · (1 – *w* 3 / 100), (*кг*) (3.30)

G *конд* = 7650,28 ∙ 0,7 = 5355,2 *кг*

В таблице 3.3 приведен сводный баланс отделения концентрирования серной кислоты.

Таблица 3.3 – Сводный баланс концентрирования серной кислоты.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Приход | Масса, *кг* | Расход | Масса, *кг* |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. С серной кислотой с массовой долей  70 %  2. Топочные газы  С температурой 900 ºС  3. Вода, поступающая на концентрирование | 7650,28  2600  5573,78 | 1. Потери вследствие уноса серной кислоты с дымовыми газами  2. При разложении серной кислоты  3. В колонне выпаривается воды  4. Выход 92% продукционной  серной кислоты  5. Приход  кислоты по  моногидрату  6. Выход отработанной воды | 2,3  2,3  1606,56  6043,76  5355,2  2786,90 |
| Итого: | 15797,02 | Итого: | 15797,02 |

3.2 ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ

3.2.1 ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ ОТДЕЛЕНИЯ ДЕНИТРАЦИИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

Исходные данные:

1. Температура отработанной кислотной смеси, поступающей в колонну,

t = 90 ºС.

2. Температура азотной кислоты с массовой долей 50 %, поступающей в колонну,

t = 20 ºС.

3. Температура серной кислоты с массовой долей 92%, поступающей в колонну,

t = 20 ºС.

4. Температура отработанной серной кислоты 70%, выходящей из колонны,

t = 170 ºС.

5. Температура выходящих из колонны паров азотной кислоты и нитрозных газов

t = 85ºС.

6. Температура азотной кислоты 98%, выходящей из конденсатора, поступающей в колонну, t = 40 ºС.

7. Температура концентрированной азотной кислоты с массовой долей 98%, выходящей из колонны, t = 85 ºС.

8. Температура подсасываемого воздуха t = 20 ºС

Общий вид уравнения теплового баланса:

Q приход = Q расход , (*кДж*) (3.31)

Приход теплоты:

Q приход = q 1 + q 2 + q 3 + q 4 + q 5 + q 6, (*кДж*) (3.32)

где q 1 – теплота от поступающей серной кислоты с массовой долей 92 %.

Теплота от серной кислоты состоит из физической теплоты q 1´ и теплоты разбавления q 1´´:

q 1 = q 1´ + q 1´´, (*кДж*) (3.33)

Физическая теплота определяется по формуле:

q 1´ = G ´ · c 1 ∙ t, кДж, (3.34)

где - G ´– масса серной кислоты с массовой долей 92 %, поступающей в колонну, кг; с 1 – удельная теплоемкость серной кислоты с массовой долей 92 % при температуре 20 ºС, кДж / (кг · К) /6/; t – температура поступающей в колонну серной кислоты, К.

q 1´ = 1900 · 1,579 ∙ 293 = 979235,3 кДж

Теплота разбавления серной кислоты q 1´´ определяется разницей теплот разбавления моногидрата серной кислоты до массовой доли 70 %:

q 1´´ = q 70 + q 92, кДж, (3.35)

q 70 – теплота разбавления серной кислоты с массовой долей 70 %; q 92 – теплота разбавления серной кислоты с массовой долей 92 %.

Удельная теплота разбавления моногидрата:

, (*кДж*) (3.36)



где – молярное отношение H2O : H2SO4.

Находим *n* для серной кислоты с массовыми долями 92 % и 70 %.

В серной кислоте с массовой долей 92 % содержится:

H2SO4 = , (*моль*) (3.37)



где – G ´– масса серной кислоты с массовой долей 92 %, поступающей в колонну, кг; *w* – концентрация серной кислоты, %; *М* – молекулярная масса серной кислоты, *кг / моль*.

H2SO4 = *моль*



H2O = , (*моль*) (3.38)



где – G ´– масса серной кислоты с массовой долей 92 %, поступающей в колонну, *кг*; *w* – содержание воды в 92 % серной кислоте, %; *М* – молекулярная масса воды, *кг / моль*.

H2O = *моль*



Отсюда *n* = 8,44 / 17,8 = 0,47

В серной кислоте с массовой долей 70 % содержится:

H2SO4 = , (*моль*) (3.39)



где – G ´– масса серной кислоты с массовой долей 70 %, поступающей в колонну, *кг*; *w* – концентрация серной кислоты, %; *М* – молекулярная масса серной кислоты, *кг / моль*.

H2SO4 = *моль*



H2O = , (*моль*) (3.40)



где – G ´– масса серной кислоты с массовой долей 70 %, поступающей в колонну, *кг*; *w* – содержание воды в 70 % серной кислоте, %; *М* – молекулярная масса воды, *кг / моль*.

H2O = *моль*



Отсюда *n* = 45,33 / 19,42 = 2,33

Тогда удельная теплота разбавления серной кислоты с массовой долей 100 % до массовой доли 70 %:

ккал / моль (42238,80 кДж / моль)



и до массовой доли 92 %:

ккал / моль (15507,82 кДж /моль)



Следовательно, удельная теплота разбавления серной кислоты с массовой долей 92 % и 70 % составит:

*кДж / моль*



Или на 1 *т* отработанной кислоты:

q 2´´ = 17,8 · 26730,98 = 475811,44 *кДж*

Тогда на 1 *т* отработанной серной кислоты приход теплоты:

q 1 = 979235,3 + 475811,44 = 1455046,74 *кДж*

Физическая теплота, поступающая с азотной кислотой с массовой долей 50 %:

q 2 = G 2 · с 2 ∙ t 2 , (*кДж*) (3.41)

где – G2 – масса азотной кислоты с массовой долей 50 %, поступающей в колонну, *кг*; с 2 – удельная теплоемкость азотной кислоты с массовой долей 50 % при температуре 20 ºС, *кДж* / (*кг · К*) /7/; t – температура поступающей в колонну азотной кислоты, *К*.

q 2 = 333,40 · 2,847 ∙ 293 = 278112,61 *кДж*

Физическая теплота, поступающая с отработанной кислотной смесью:

q 3 = G 3 · с 3 ∙ t 3 , (*кДж*) (3.42)

где – G 3 – масса кислотной смеси, поступающей в колонну, *кг*; с 3 – удельная теплоемкость кислотной смеси при температуре 90 ºС, *кДж* / (*кг · К*) /2/; t 3 – температура поступающей в колонну кислотной смеси, *К*.

q 3 = 666,60 · 2,22 ∙ 363 = 537186,28 *кДж*

Физическая теплота, поступающая с азотной кислотой с массовой долей 98 %, поступающей из конденсатора в зону отдувки:

q 4 = G 4 · с 4 ∙ t 4 , (*кДж*) (3.43)

где – G 4 – масса азотной кислоты, поступающей в колонну, *кг*; с 4 – удельная теплоемкость азотной кислоты при температуре 30 ºС, *кДж* / (*кг · К*) /7/; t 4 – температура поступающей в колонну азотной кислоты, *К*.

q 4 = 243 · 1,93 ∙ 303 = 142103,97 *кДж*

Физическая теплота, поступающая с воздухом, подсасываемым из помещения:

q 5 = G 5 · с 5 ∙ t 5 , (*кДж*) (3.44)

где – G 5 – масса воздуха, поступающего в колонну, *кг*; с 5 – удельная теплоемкость воздуха, *кДж /* (*кг · К*) /5/; t 5 – температура поступающей в колонну азотной кислоты, *К*.

q 5 = 18,83 · 1 ∙ 293 = 5517,20 *кДж*

Физическая теплота, поступающая с перегретым паром равна q 6.

Итого: Q приход = 1455046,74 + 278112,61 + 537186,28 + 142103,97 + 5517,20 + q 6

Расход теплоты:

Q расход = q 1´ + q 2´+ q 3´+ q 4 ´+ q 5 ´+ q 6´ + q 7´ + q 8´ + q 9´ , (*кДж*) (3.45)

где q 1´ - теплота на закрепление содержащейся в отработанной кислоте азотной кислоты при ее массовой доле в смеси:

%



до массовой доли 98 %

Удельная теплота разбавления для азотной кислоты:

, (*кДж*) (3.46)



В кислоте с массовой долей 29 %, *моль*:

HNO3 = 1,08 *моль*



H2O = 9,20 *моль*



Отсюда *n* = 9,20 / 1,08 = 8,52. Принимаем *n* = 8,5.

Удельная теплота разбавления для азотной кислоты с массовой долей 29 %:

= 7451,3 *ккал / моль* (31220,96 *кДж/моль*)



Теплота разбавления для азотной кислоты с массовой долей 98 %. В кислоте, моль:

HNO3 = 0,020 *моль*



H2O = 0,01 *моль*



Отсюда *n* = 0,01 / 0,020 = 0,5. Принимаем *n* = 0,5.

Теплота разбавления:

q ´ = 2005,81 *ккал/моль* (8704,35 *кДж/моль*)



Теплота закрепления азотной кислоты, находящейся в отработанной кислоте с 29 % до массовой доли 98 %:

q 1´ = (31220,96 – 8704,35) · (233,28 / 63) = 83309,2 *кДж*

Физическая теплота, уносимая парами кислоты с массовой долей 98 % из колонны при 85 ºС:

q 2´ = 0,97 ∙ G 2´ · с 2´ ∙ t 2´ , (*кДж*) (3.47)

где – G 2´ – масса азотной кислоты, поступающей в колонну, кг; с 2´ – удельная теплоемкость азотной кислоты при температуре 85 ºС, *кДж* / (*кг · К*) /7/; t 2´ – температура, поступающей в колонну азотной кислоты, К.

q 2´ = 0,97 · 243 · 1,936 ∙ 358 = 163367,77 *кДж*

Расход теплоты на испарение азотной кислоты:

q 3´ = 0,97 ∙ 243 i, (*кДж*) (3.48)

где – i – теплота испарения 1 *кг* кислоты, *кДж / кг*.

q 3´ = 0,97 · 243 · 483 = 113847,93 *кДж*

Расход теплоты на испарение 2 % воды, содержащейся в азотной кислоте:

q 4´ = 0,97 · 2 / 98 · 243 i 1 , (*кДж*) (3.49)

где – i 1 – теплота парообразования воды, *кДж / кг*.

q 4´ = 0,97 · 2 / 98 · 243 · 2259 = 10866,71 *кДж*,

Физическая теплота, уносимая с отработанной серной кислотой с массовой долей 70 % из колонны при 170 ºС:

q 5´ = G 3´ · с 5´ ∙ t 5´, (*кДж*) (3.50)

где – G 3´ – масса серной кислоты, поступающей в колонну, *кг*; с 2´ – удельная теплоемкость серной кислоты с массовой долей 70 %, *кДж* / (*кг · К*) /6/; t 2´ – температура серной кислоты, выходящей из колонны, *К*.

q 5´ = 2720 · 2,09 ∙ 443 = 2518366,4 *кДж*

Расход теплоты на нагревание подсасываемого воздуха в среднем до 90 ºС:

q 6´ = g подс ∙ с · (t 2 – t 1), (*кДж*) (3.51)

где – с – удельная теплоемкость воздуха, *кДж / кг ∙* К; t 1 – температура подсасываемого воздуха, *К*.

q 6´ = 18,83 · 1 ∙ (363 – 273) = 1694,7 *кДж*

Расход теплоты, уносимой с азотной кислотой с массовой долей 98 % из колонны при температуре 85 ºС:

q 7´ = G 2´ ∙ с · t , (*кДж*) (3.52)

где – с – удельная теплоемкость азотной кислоты при температуре 85 ºС, *кДж / кг* *∙ К* /7/; t 1 – температура уходящей азотной кислоты из колонны, *К*.

q 7´ = 243 · 1,93 ∙ 358 = 167898,42 *кДж*

Расход теплоты в окружающую среду:

Колонна типа ГБХ в течение 1 часа теряет в окружающую среду порядка 33520 *кДж*. При условии подачи в колонну 92 *кг / мин* тройной кислотной смеси потери теплоты в окружающую среду:

q ´8 = 6072,46 *кДж*



Теплота, уносимая нитрозными газами q ´9:

q 9´ = ∑ q 9i´, (*кДж*) (3.53)

где ∑ q 9i´ = ∑( g i ∙ с i · t i) ; g i – масса уносимого газа, *кг*; с i – удельная теплоемкость уносимого газа, *кДж / кг ∙ К* /2/; t i – температура уносимого газа, *К*.

q NO2´ = 13,6 ∙ 0,754 ∙ 358 = 3671,08 *кДж*

q NO ´= 7,09 ∙ 0,996 ∙ 358 = 2528,07 *кДж*

q N2´ = 15,46 ∙ 1,040 ∙ 358 = 5756,07 *кДж*

q O2 ´= 7,26 ∙ 0,923 ∙ 358 = 2398,95 *кДж*

q НNO3 ´= 2,48 ∙ 1,800 ∙ 358 = 1598,11 *кДж*

q Н2O ´= 1,45 ∙ 1,873 ∙ 358 = 972,27 *кДж*

Итого: q 9´ = 16924,55 *кДж*

Отсюда Q расход = 83309,2 + 163367,77 + 10866,71 + 966416 + 1694,7 + 167898,42 + 16924,55 = 1410477,35 *кДж*

Приравнивая приход теплоты к расходу, определяем количество теплоты, которое необходимо подать в колонну с перегретым паром.

Q приход = 1455046,74 + 278112,61 + 537186,28 + 142103,97 + 5517,20 + q 6 = 2417966,8 + q 6 = Q расход

2417966,8 + q 6 = 2951575,66

Отсюда q 6 = 533608,86 *кДж*

Таблица 3.4 – Тепловой баланс концентрирования азотной кислоты

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Приход | кДж | Расход | *кДж* |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Теплота от поступающей серной кислоты с массовой долей 92 %.  2. Теплота, поступающая с азотной кислотой с массовой долей 50 %:  3. Физическая | 1455046,74  278112,61  537186,28 | 1. Теплота закрепления азотной кислоты, находящейся в отработанной кислоте с 29 % до массовой доли 98 %  2. Физическая теплота, уносимая парами кислоты с | 83309,2  163367,77 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Продолжение таблицы 3.4 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| теплота, поступающая с отработанной  кислотной смесью  4. Физическая теплота, поступающая с азотной кислотой с массовой долей 98 %, поступающей из конденсатора в зону отдувки  5. Физическая теплота, поступающая с воздухом, подсасываемым из помещения  6. Физическая теплота, поступающая с перегретым паром | 142103,97  5517,20  533608,86 | массовой долей 98 % из колонны при  85 ºС  3. Расход теплоты на испарение азотной кислоты  4. Расход теплоты на испарение 2 % воды, содержащейся в азотной кислоте  5. Физическая теплота, уносимая с отработанной серной кислотой с массовой долей 70 % из колонны при 170 ºС  6. Расход теплоты на нагревание подсасываемого воздуха в среднем до 90 ºС | 113847,93  10866,71  2518366,4  1694,7  167898,42 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Продолжение таблицы 3.4 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  | 7. Расход теплоты,  уносимой с 98 % азотной кислотой с массовой долей из  колонны при температуре 85 ºС  8. Расход теплоты в окружающую среду  9. Теплота, уносимая нитрозными газами | 6072,46  16924,55 |
| Итого: | 2951575,66 | Итого: | 2951575,66 |

3.2.2 ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ ОТДЕЛЕНИЯ КОНЕНТРИРОВАНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Исходные данные:

1. Температура продукционной кислоты /3/ с массовой долей 92 %, вытекающей из концентратора t = 240 ºС.

1. С разбавленной серной кислотой 70 % при t = 120 ºС

4. С дымовыми газами, поступившими из топки, t = 900 ºС

5. Температура кислотного конденсата с массовой долей 70 % из брызгоулови-тельной ступени на входе в концентратор t = 130 ºС.

6. Температура брызг серной кислоты 70 %, поступающей на брызгоуловитель-ную ступень, t = 150 ºС.

Общий вид уравнения теплового баланса:

Q приход = Q расход , (*кДж*) (3.54)

Приход теплоты в концентратор:

1. С серной кислотой с массовой долей 70 %:

q 1 = G*разб* ∙ Н, (*кДж*) (3.55)

где G*разб* – масса серной кислоты с массовой долей 70 %, *кг*; Н – удельная энтальпия кислоты при 120 ºС, *кДж/кг*.

q 1 = 7650,28∙ 271,7 = 2078581,1 *кДж*

2. С конденсатом:

q 2 = G*конд* ∙ Н, (*кДж*) (3.56)

где G *конд* – масса конденсата, поступающего в колонну из конечной брызгоуло-вительной ступени, *кг*; Н – удельная энтальпия кислоты при 130 ºС, *кДж/кг*.

q 2 = 5355,2∙ 262,1 = 1403597,92 *кДж*

3. С топочными газами, поступившими из топки:

q 3 = G*топ газ* ∙ с · t , (*кДж*) (3.57)

где G*топ газ* – масса топочных газов, *кг*; с – удельная энтальпия газов, *кДж/кг · К* /2/; t – температура поступивших газов, *К*.

q 3 = 2600∙ 1,450 · 1173 = 4422210 *кДж*

Общий приход тепла: Q*общ* = q 1 + q 2 + q 3 = 2078581,1 + 1403597,92 + 4422210 = 7904389,02 *кДж*

Расход теплоты в концентраторе:

1. С продукционной кислотой при 250 ºС:

q 1 ´ = G*конц* ∙ Н *конц*, (*кДж*) (3.58)

где H *конц* = 436 кДж/кг – энтальпия серной кислоты 92%; G*конц* – масса выходящей из колонны серной кислоты с массовой долей 92 %, *кг*.

q 1 ´ = 6043,76∙ 436 = 2635079,36 *кДж*

2. С водяным паром выделяется при выпаривании и разложении:

q 2 ´ = C*вп* ∙ H*вп* , (*кДж*) (3.59)

где G*вп* = G*уп* + G*разл* = 1606,56 + 0,42 = 1606,98 кг; H*вп* = 2737,7 кДж/кг – энтальпия водяного пара.

q 2 ´ = 1606,98 · 737,7 = 4399429,15 *кДж*

3. С дымовыми газами, уходящими с t = 130 ºС:

q 3´ = G*топ газ* ∙ с 2 · t 2, (*кДж*) (3.60)

где G*топ газ* – масса дымовых газов на м 3 сжигаемого газа, *кг*; с 2 – удельная теплоемкость дымовых газов при t = 130 ºС /2/; t 2 – температура дымовых газов, *К.*

q 3 ´ = 2600∙ 1,336 · 403 = 1399860,8 *кДж*

4. На испарение серной кислоты:

q 4 ´ =G *исп* ∙ H *исп*, (*кДж*) (3.61)

где G*исп* – масса серной кислоты, уносимой дымовыми газами, кг; Н *исп* = 511.2 кДж/кг – удельная теплота парообразования серной кислоты.

q 4 ´ =2,3 · 511,2 = 1175,76 *кДж*

5. С парами серной кислоты:

q 5 ´ =G *исп* ∙ H , (*кДж*) (3.62)

q 5´ =2,3 ∙ 201,4 = 463,22 *кДж*

где Н – энтальпия 100% серной кислоты при температуре отходящих газов 130 ºС

/6/.

6. На разложение серной кислоты:

q 6 ´ =G *разл* ∙ Q *разл* / М Н2SО4 , (*кДж*) (3.63)

q 6 ´ *=* 2,3 ∙ 228900 / 98 = 5372,14 *кДж*

7. С продуктами разложения серной кислоты в результате разложения

серной кислоты при температуре отходящих газов 130 ºС образуются:

q 7 ´ = (GSO2 · с 3 + GO2 · с 4) , (*кДж*) (3.64)

где GSO2 = 1,5 *кг*; GO2 = 0,38 *кг*; GН2O = 0,42 *кг*, G*пот* =2,3 *кг*.

q 7´ = (1,5 · 0,642 + 0,38 · 0,928) ∙ 403 = 503,348 *кДж*

8. При концентрировании серной кислоты (дегидратации) от 70% до 92% расходуется тепла:

q 8 ´ = G*разб* · (Q 70 + Q 92) , (*кДж*) (3.65)

где Q 70 = 427,4 *кДж/кг* – удельная теплота разбавления серной кислоты до 70%; Q 92 = 157,3 *кДж/кг* – удельная теплота разбавления серной кислоты до 91% /6/;

G*разб* – масса поступившей разбавленной серной кислоты, *кг*.

q 8 ´ = 7650,28 ∙ (427,4 – 157,3) = 2066340,63 *кДж*

9. Потери тепла в окружающую среду для этого типа концентраторов составляют 1,5% от общего количества расхода тепла на концентрировании серной кислоты:

q *потери* = 1.5 % · Q *общ*, (*кДж*) (3.66)

Q *расход* = 2635079,36 + 4399429,15 + 1399860,8 + 1175,76 + 463,22 + 5372,14 + 503,348 + 2066340,63 = 10508251,41 *кДж*

q *потери* = 0,015 · 10508251,41 = 157623,77 *кДж*

Общий расход теплоты:

Q *общ* = 10508251,41 + 157623,77 = 10665874,2 *кДж*

Количество теплоты, которое необходимо подать с топочными газами:

q *топ, газ.*´ = 10665874,2 – 7904389,02 = 2761485,2 *кДж*

В таблице 3.5 приведен сводный тепловой баланс отделения концентрирования серной кислоты.

Таблица 3.5 - Сводный тепловой баланс отделения концентрирования серной кислоты

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Приход | *кДж* | Расход | *кДж* |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. С серной кислотой с массовой долей 70 %  2. С топочными газами, поступившими из топки  3. С конденсатом | 2078581,1  4422210  1403597,92 | 1. С продукцион-ной кислотой при 250 ºС  2. С водяным паром выделяется при выпаривании и разложении  3. С дымовыми газами, уходящими с t = 130 ºС  4. На испарение серной кислоты | 2635079,36  4399429,15  1399860,8  1175,76 |

Продолжение таблицы 3.5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  | 5. С парами серной  кислоты  6. С продуктами разложения серной кислоты в результате разложения  серной кислоты при температуре отходящих газов 130 ºС  7. На разложение серной кислоты  8. При концент-рировании серной кислоты (дегидратации) от 70 % до 92 %  9. Потери тепла в окружающую среду | 463,22  503,348  5372,14  2066340,63  157623,77 |

4 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ

4.1 ПОРЯДОК ДОПУСКА МАТЕРИАЛОВ В ПРОИЗВОДСТВО

Качество материалов, поступающих в производство от поставщиков, является одним из основных условий получения качественной продукции.

На материалы, применяемые в производстве по регенерации серной кислоты, должны удовлетворять требованиям НТД и иметь документы завода – изготовителя, удостоверяющие соответствие качества материала установленным требованиям.

Входной контроль материалов осуществляется по ГОСТ 24297 – 80 и СТП 303 – 19 – 80.

Рекуперированные и уловленные кислоты принимает аппаратчик по результатам анализов лабораторий 2 – го и 3 – го цехов.

В случае расхождения результатов анализа лабораторий 2 – го и 3 – го цехов отборы кислот повторяются. Отработанные кислоты цеха № 3 перекачиваются в цех № 2 с массовой долей азотной кислоты не менее 16 % и серной кислоты не менее 39 %.

Количество принятых кислот определяют по замерам уровня кислот в емкости цеха № 3 с помощью поплавкового указателя уровня. Замер уровня кислот емкостей производят аппаратчик 2 – го цеха в присутствии аппаратчика 3 – го цеха. Одновременно производят отбор проб на анализ.

Замер уровня принимаемых кислот, их плотность, процентный состав записывается в журнал приема – сдачи кислот 2 – го и 3 – го цехов и подтверждается подписями аппаратчиков 2 – го и 3 – го цехов.

Пуск рекуперированных и уловленных кислот цеха № 3 на денитрацию разрешают старший мастер или мастер участка.

4.2 ПРИЕМ КИСЛОТ СО СТОРОНЫ

При приеме кислот со стороны диспетчер железнодорожного отдела завода извещает начальника участка цеха № 2 или мастера смены о прибытии кислот. По прибытии кислот приемщик совместно с представителем транспортного отдела и в присутствии представителя цеха № 2 принимают цистерны по накладным, проверяют пломбы, налив цистерны и отбирают пробы кислот на анализ в цеховую лабораторию – каждую партию для определения соответствия наименования кислоты паспортным данным и массовой доли основного вещества, в центральную заводскую лабораторию (ЦЗЛ) – каждую десятую партию на полный физико – химический анализ.

Перед сливом кислот из железнодорожных цистерн производят замер уровня налива кислот, вычисляют по таблицам в зависимости от типа цистерн, фактической наличие кислоты и сверяют с количеством, указанным в накладной предприятия – поставщика.

Перекачку кислот в емкость – хранители кислот цеха № 2 производят после получения анализа цеховой лаборатории, заполнением линии слива кислот из цистерн с помощью насоса.

По окончании слива кислоты, приемщик кислот замеряет количество принятой кислоты в емкости – хранители кислот цеха № 2, опломбирует опорожненную цистерну и сдает ее представителю транспортного отдела.

Замеры уровня кислот, массовую долю основного вещества, тоннаж, номера цистерны и накладных, время, затраченное на слив цистерны приемщик кислот записывает в журнал приема кислот.

Аппаратчик ведет технологический журнал, в котором записывает:

- сдачу кислот в цех № 3;

- прием уловленных и рекуперированных кислот из цеха № 3;

- налив цистерн регенерированной серной ислоты;

Подачу кислот в напорные баки отделения концентрирования азотной кислоты.

Нанесение знаков опасности на цистернах или другой упаковке под кислоту производится в соответствии с ГОСТ 19433 – 88.

4.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Цеховая лаборатория один раз в смену производит определение массовой доли концентрированных серной и азотной кислот, отработанной серной кислоты и массовой доли азотной кислоты в ней.

Аппаратчик отделения каждый час работы контролирует и записывает в технологический журнал /3/:

- температуру газовой фазы на 4 царги колонны,

- дозировку кислот в колонну,

- температуру слабой серной кислоты на выходе из колонны,

- давление пара в общей магистрали,

- температуру кислот, поступающих в колонну,

- разрежение в колонне,

- массовую долю крепкой азотной кислоты и концентрированной на входе в колонну.

В случае отклонения температуры и крепости выходящей азотной кислоты, аппаратчик производит регулирование соотношения кислот.

Ответственность за правильное ведение технологического процесса в отделении концентрации азотной кислоты возлагается на аппаратчика отделения, мастера смены и старшего мастера участка.

Состояние воздушной среды в производственных помещениях цеха контролирует газовая лаборатория ЦЗЛ.

Контроль производится по графику, утвержденному главным инженером предприятия.

Для улучшения воздушной среды в производственных помещениях, цехом проводятся следующие мероприятия:

-совершенствуется технология производства;

- проводится герметизация оборудования и запорной арматуры;

- осуществляется постоянный контроль за работой приточно - вытяжной вентиляции.

Основные параметры, контролируемые аппаратчиком концентрирования кислот /3/ рассмотрены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Контроль материалов, полуфабрикатов, готовой продукции и технологического процесса

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наиме-  нование контро-  лируемого объекта | Место отбора | Перио-  дич-  ность отбора проб | Сигнализи-  руемый  показатель | Норма | НТД | Лаборатория, выпол-няющая анализ | Примеча-ние |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1. Напорный бак отработан-ной кислоты | Из бака | Один раз в сутки | Массовая доля HNO3, %, не менее | 16 % | СТП 84.303-50-87 | Цехо-вая лаборатория | Pпар‹ 0.7 |
| 2.Холоди-льник концентри-рованной азотной кислоты | Из холо-диль-ника | То же | Полный анализ концентриро-ванной азотной | По ГОСТ  701-89 | ГОСТ 701-89 | То же |  |

Продолжение таблицы 4.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  |  |  | кислоты |  |  |  |  |
| 3.Колонна ГБХ | Из – под колоны | То же | Массовая доля серной  кислоты в отрабо-танной серной кислоте, %, не более | 72 % | СТП 75-057-  06-57-89 | То же |  |
|  |  | То же | Массовая доля азот-ной кис-лоты в отрабо-танной  серной  кислот, %, не более | 0,03 | СТП  75-057-06-57-89 | То же |  |
| 4. Абсорбер | Из абсор- бера | 1 раз в смену | Концен-трация азотной кислоты, | 50 |  | То же |  |
| Продолжение таблицы 4.1 | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  |  |  | %, не менее |  |  |  |  |
| 5. Холодиль-ник концент-рированной  серной кислоты | Из холо-диль-  ника | 1 раз в смену | Массовая доля серной  кислоты, %, не менее | 91 % | ГОСТ 2184 – 77 | То же |  |
| Массовая доля остатка после прокали-вания, %, не более | 0,4 | ГОСТ 2184 – 77 | То же |  |
| 6. Труба выброса колонны БМКСХ | Из выхлопной трубы | 1 раз в смену | Массовая концентрация компонентов газообразных выбросов, г/м3, не более  В т. ч. | 0,5  0,3 | ОСТ 84 – 2319 – 87  – ״ – | То же  – ״ – |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Продолжение таблицы 4.1 | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  |  |  | тумана серной  кислоты, г/м3, не более |  |  |  |  |
| 7. Кислоты при поступлении со стороны | ж/д цистерны | Каждая принимаемая партия | Приемщик кислот в присутствии контроллера ОТК | Мас-совая доля основ-ного про-дукта | ГОСТ 701 – 89  ГОСТ 1500 – 78  ГОСТ 2184 – 77 | То же |  |

5 АВТОМАТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Для контроля и регулирования технологического процесса технологическое оборудование обеспечено КИП. В специальных журналах /3/ производится запись показаний КИП ежесменно.

По автоматизации технологических процессов предусмотрено следующее:

- КИП, установленные в пожароопасных помещениях, должны удовлетворять ПУЭ;

- все приборы и щиты в пожароопасных должны быть заземлены независимо от применяемого напряжения согласно ПУЭ.

Схема автоматизации процесса концентрирования разбавленной азотной кислоты методом ее перегонки в присутствии серной кислоты на основе закономерностей, изложенных выше. В качестве постоянных параметров принимают концентрацию продукционной кислоты и концентрацию отработанной серной кислоты.

5.1 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Участок предназначен для производства по регенерации серной кислоты. Концентрированная серная кислота представляет собой бесцветную дымящую жидкость желтого цвета, взрывопожаробезопасна.

В производстве концентрированной серной кислоты основное оборудование следующее:

а) Концентрационная колонна типа ГБХ, предназначенная для концентрирования слабой азотной кислоты;

б) холодильник – конденсатор предназначен для конденсации крепкой азотной кислоты и окислов азота;

в) абсорбер предназначен для поглощения окислов азота и получения слабой азотной кислоты;

г) Топка, предназначенная для сжигания топлива;

д) Вихревая колонна БМКСХ – аппарат, предназначенный для концентрирования отработанной серной кислоты;

х) Холодильник концентрированной серной кислоты предназначен для охлаждения.

Отделение концентрирования серной кислоты предназначено для получения концентрированной серной кислоты концентрации не менее 92 %. Процесс концентрирования азотной кислоты происходит в концентрационных колоннах типа БМКСХ. Процесс концентрирования протекает параллельно с процессом денитрации рекуперированных и уловленных кислот из третьего производства.

Слабая азотная кислота из отделения абсорбции, рекуперированные и уловленные кислоты третьего производства, концентрированная серная кислота из напорных баков (поз. 5) самотеком через щелевые дозировочные расходомеры поступают в концентрационную колонну (поз. 1).

Уровень кислот в напорных баках (поз. 5) следует поддерживать всегда постоянным.

Концентрированная серная кислота поступает на 4-6 царги колонны (поз. 1), слабая азотная кислота в 8-9 царги, рекуперированные и уловленные кислоты третьего производства поступают в десятую царгу колонны (поз. 1).

Одновременно с подачей кислот в дно колонны (поз. 1), в противоток стекающей смеси кислот /2/ для отгонки азотной кислоты из отработанной серной кислоты, подается через форсунку пар и в колонне образуется тройная смесь. При этом серная кислота присоединяет к себе воду, понижая парциальное давление водяных паров в смеси. Вода, ранее связанная с азотной кислотой, образует соединения с серной кислотой:

HNO3∙ ( H2O ) n + H2SO4 = HNO3 + H2SO4· ( H2O ) n (5.1)

В процессе концентрирования азотной кислоты происходит ее частичное разложение на окислы азота, образующие с серной кислотой нитрозилсерную кислоту, поэтому последнюю необходимо денитрировать паром. Процесс денитрации протекает полнее при концентрации серной кислоты ниже 70 %. Расход серной кислоты определяется в зависимости от концентрации исходной азотной кислоты и пара с учетом нагрева отработанной кислоты до 150-170°С и разбавления до ее концентрации 68 - 70 % H2SO4.

Азотная кислота, освобожденная от воды, но с большой массовой долей окислов азота, в парообразном виде поднимается в верхние царги № 6, 7, 8 колонны (поз.1), где, барботируя через слой серной кислоты, окончательно теряет влагу, затем проходит через царги № 4, 5, которые служат брызгоуловителями серной кислоты.

Освобожденные от влаги пары азотной кислоты поступают в верхние царги колонны (поз.1), образующие дефлегматор /1/, где за счет продувки паров азотной кислоты через стекающую противотоком из конденсатора (поз.2) в жидком состоянии азотную кислоту происходит отдувка окислов азота.

После прохождения колонны (поз.1), пары азотной кислоты поступают в конденсатор (поз.2), где за счет охлаждения происходит конденсация азотной кислоты из парообразного состояния в жидкое.

Сконденсированная азотная кислота стекает в общий коллектор конденсатора, откуда в дефлегматор колонны для отдувки окислов азота и, пройдя холодильник (поз.2), с температурой 30°С поступает в склад готовой продукции.

Из склада концентрированная азотная кислота передается в третье производство.

В колонне (поз.1) и конденсаторе (поз.2) постоянно поддерживается разрежение 1,27 МПа. Серная кислота постепенно, насыщаясь водой, стекает по царгам вниз и перекачивается в отделение концентрации серной кислоты.

При работе колонны (поз.1) по денитрации отработанных кислот цеха № 3 температура газовой фазы 6-ой царги колонны повышается в зависимости от нагрузки с целью получения азотной кислоты после холодильника готовой продукции с массовой долей основного продукта 50-55 % для дальнейшей ее переработки совместно со слабой азотной кислотой, получаемой абсорбцией паров окислов азота.

В отделении концентрирования серной кислоты идет процесс регенерации серной отработанной кислоты в вихревой колонне.

Основной задачей автоматики работы установок является поддержание заданной температуры в колонне ГБХ (поз.1), холодильнике – конденсаторе азотной кислоты, разрежения в колонне ГБХ (поз.1), давления и температуры пара в общей магистрали, расхода кислот на входе в колонну ГБХ (поз.1), температура серной кислоты на выходе из холодильника, температура топочных газов на входе в колонну БМКСХ (поз.13), давление газов до и после ГРП.

С этой целью на каждой из установок устанавливаются комплекты приборов для контроля величины температуры, состоящие из термометра сопротивления платинового ТСП – 5081 – 01, на щите диспетчера автоматического моста /9/.

Для контроля на выходе температуры готовой продукции (серной кислоты) по месту установлен термометр сопротивления (16 – 1), на щите автоматический мост (16 – 2).

Для измерения давления пара по месту установлен манометр (2–1) и на щите вторичный показывающий регистрирующий прибор; температуры пара в общей магистрали устанавливаются термометр сопротивления (3–1) и автоматический мост (3–2) по месту и на щите диспетчера соответственно.

Разрежение в колонне ГБХ фиксирует манометр (7 – 1), установленный по месту, на щите вторичный показывающий регистрирующий прибор (8 – 2) /9/.

По месту установлены 2 манометра для регистрации давления природного газа до и после ГРП.

Щиты выбраны по ОСТ 36.13 – 76 . Электропитание щитов осуществляется по сети переменного тока, напряжением 220 В и частотой 50 Гц.

В таблице 5.1 указаны основные параметры контроля и регулирования.

Таблица 5.1 - Перечень параметров контроля и регулирования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Аппарат | Давление | Расход | Температура |
| 1.Концентрационная колонна ГБХ | + | - | + |
| 2.Холодильник – конденсатор крепкой азотной кислоты | - | - | + |
| 3. Трубопровод подачи пара | + | - | + |
| 4. Газопровод до и после ГРП | + | - | - |
| 5.Трубопровод подачи воздуха в топку | + | + | - |
| 6. Кислотопровод после холодильника концетри-рованной серной кислоты | - | - | + |
| 7. Низ колонны БМСКХ | - | - | + |
| 9. Верх колонны БМСКХ | - | - | + |
| 10. Труба выброса газов | + | - | - |

На основе таблицы 5.1 составляем таблицу 5.2 /9/, в которой для каждого аппарата указываем величины параметров, их размерности и требуемые виды автоматизации.

Таблица 5.2 – Предельные величины параметров и их размерность, требуемые виды автоматизации

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Аппарат и параметр | Предельное значение параметра и размерность | Вид автоматизации | | |
| Измерение | Регистра-ция | Показание |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Трубопровод общей  магистрали  Давление  Температура | 2,45 МПа  250 ºС | +  + | +  + | +  + |
| 2.Концентрационная колонна ГБХ  Разрежение  Температура | 1.27· МПа  135 ºС  85 ºС  120 ºС | +  +  +  + | +  +  +  + | +  +  +  + |
| 3.Холодильник – конденсатор крепкой азотной кислоты  Температура | 30 ºС | + | + | + |
| 4. Топка  Температура  Расход | 800 -950 ºС  42000 м3/ч | +  + | +  + | + |

Продолжение таблицы 5.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5. Холодильник  регенерированной серной кислоты  Температура | 60 – 120 ºС | + | + | + |
| 7. Труба выброса газов Давление | 0,15 МПа | + | **+** | + |
| 8. Колонна БМКСХ  Температура | 180 ºС, 300 ºС | + | + | + |
| 9. ГРП  Давление | 0,1 МПа | + | + | + |

В таблице 5.3 приведена спецификация, в которой указаны основные КИП и А и их основные характеристики (шкала, предел измерений, единица измеряемой величины, класс точности)

6 СТРОТЕЛЬНО – МОНТАЖНАЯ ЧАСТЬ

Исходные данные:

1. Географическое положение и климат: проектируемая стадия концентрирования серной кислоты расположена на промышленной площадке ФКП КГ КПЗ г. Казань.

Проектируемый цех расположен на территории г. Казань. Площадь для проектирования цеха имеет ровную поверхность. Производственные здания расположены с учетом безопасных расстояний, санитарных и противопожарных требований. Безопасное расстояние между складами принимается не менее 15 метров.

Цех денитрации и концентрирования кислот имеет:

Отделение денитрации и концентрирования азотной кислоты и отделение концентрирования серной кислоты.

Температура в зимнее время (25 ºС)

Глубина промерзания грунта 4,5 м

Скоростной напор ветра 35 кг/м3

Уровень грунтовых вод 6 м

2. Характеристика производственного процесса: фаза концентрирования серной кислоты относится к В - Iа /3/ группе производственных процессов,

категория взрывопожароопасности – А; режим работы – трехсменный, непрерывный.

Здание концентрирования имеет в плане прямоугольную форму.

Длина здания – 63,6 м.

Ширина – 18 м.

Высота – 13,6 м.

Здание имеет четыре этажа.

Конструктивная схема здания:

- глубина заложения фундамента – 1,5 м

Покрытие состоит из:

- водоизоляционного ковра рубероид;

- цементной стяжки 20 мм;

- теплоизоляции – пенобетон 150 мм;

- пароизоляции – горячим битумом;

- сборной железобетонной плиты;

- сборной железобетонной балки.

Рабочая площадка расположена на ровной поверхности. Полы бетонные, покрытие кислотоупорной плиткой. Стены наружные – кирпичные толщиной 510 мм.

Объемно-планировочное и конструктивное решение здания денитрации отработанной кислоты и концентрирования серной кислоты, организация интерьера, отделка помещения соответствует требованиям технических, санитарных и противопожарных норм, а также требованиям технической эстетики.

7 РАБОТА ПРЕДПРИЯТИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

7.1 ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Концентрированная азотная кислота /1/ при попадании на сухое дерево, промасленные тряпки и другие горючие вещества могут вызвать загорание, поэтому в местах, где возможен розлив азотной кислоты, хранение горючих веществ не допускается.

Оборудование кислотного производства /3/ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003 – 74 и утвержденным проектам. Все оборудование (аппараты, механизмы, электрооборудование, вентиляционные установки, приборы) следует содержать в чистоте и исправности.

С целью предотвращения образования в помещениях взрывоопасных смесей коммуникации и аппаратура должны быть герметичны.

Фланцевые соединения должны иметь защитные кожуха. Все оборудование согласно утвержденным графикам проходит периодический осмотр на чистоту и планово - предупредительный ремонт.

Все виды ремонтных работ с применением огня проводятся по специальному разрешению, подписанному начальником цеха и согласованному начальником ОТБ и пожарной охраной. Рабочее место обеспечивается необходимым противопожарным инвентарем - песком, кошмой, и на каждую мену выставляется противопожарный пост.

При возникновении пожара в действующем цехе обслуживающий персонал обязан немедленно принять меры к ликвидации пожара. Одновременно следует вызвать заводскую пожарную команду. Для облегчения работ по ликвидации возникшего пожара необходимо обеспечить свободный доступ к пожарному инвентарю, которым пользуются работники цеха до приезда пожарной команды. Производственные помещения оборудованы противопожарными средствами: огнетушителем ОП-10, пожарными лестницами, пожарными кранами.

7.2 ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ И ЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА

Работа с кислотами опасна возможными ожогами и отравлениями, выделяющимися газами и парами. Поэтому при работе с кислотами необходимо предусматривать меры, предупреждающие химические ожоги и отравления.

Все работающие кислотных участков /1/ должны быть обеспечены специальной одеждой из серошинельного сукна по ГОСТ 12.4.036 – 78, резиновыми сапогами по ГОСТ 5375 – 79 с суконными чулками, кислото-защитными рукавицами типа КР, предохранительными защитными очками по ГОСТ 10377 – 79, противогазом марки «БКФ» или КД. Выбор марки коробки противогаза производится в соответствии с инструкциями по применению № 6016-2195-77.

Промышленные фильтрующие противогазы и № 6-16-1980-75« противогаз промышленный малого габарита».

На рабочих местах кислотных участков должны быть водопроводные краны, ванны с содовым раствором, смен вод которых производится 2 раза в месяц.

Розливы азотной кислоты необходимо устранять промыванием водой, а розливы серной кислоты нейтрализовать гашеной известью. По пролитой кислоте не ходить.

7.3 ПРАВИЛА РАБОТРЫ ПРИ УТЕЧКЕ СДЯВ

В случаях большой утечки и розлива большого количества кислоты мастер смены обязан немедленно сообщить дежурному диспетчеру по

предприятию, в пожарную часть. Затем мастер оповещает работающие смены цеха.

Одновременно аппаратчик склада кислот дает звуковой сигнал частыми ударами о металлический предмет.

Работающие смены цеха в случаях аварии и заражения территории и атмосферы и ядовитыми веществами (СДЯВ) должны действовать согласно инструкции.

7.4 СВЯЗЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

Для связи производственных помещений /3/ предусмотрена телефонная связь.

На случаи отклонений от нормального ведения технологического процесса в цехе предусмотрена звуковая и световая сигнализации.

7.5 МЕРЫ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

При ожогах азотной кислотой необходимо сразу же мыть пораженное место большим количеством воды, затем 2 %-ным раствором соды, смазать вазелином или специальной мазью от ожогов и перевязать.

При попадании под струю кислоты надо быстро сбросить верхнюю смоченную кислотой одежду и принять душ или ванну, которые обычно находятся в цехах вблизи от рабочих мест. В тяжелых случаях поражения следует снимать одежду под душем или в ванне с помощью других людей.

При попадании на кожу концентрированной серной кислоты необходимо осторожно снять кислоту ватным тампоном, затем промыть обожженные места большим количеством воды, 2 %-ным раствором соды /3/ и, смазав вазелином, наложить повязку. В случае вдыхания паров азотной кислоты и газообразных окислов азота пострадавшего прежде всего нужно вывести на свежий воздух, напоить молоком, а в случае необходимости применить кислород.

При термических ожогах с пострадавшего следует осторожно снять обгоревшую одежду, не касаясь обожженных мест. На ожог нужно наложить компресс из 1%-ного раствора марганцовокислого калия (компресс без бумаги). Не следует смазывать такие ожоги маслом и вазелином.

8 СТАНДАРТИЗАЦИЯ

В цехе по регенерации отработанной серной кислоты используются азотная кислота, серная кислота, природный газ, отработанная тройная смесь. К каждому из этих веществ согласно нормативным документам предъявляются особые требования по хранению, транспортировке, приемке, маркировке исходных материалов и готовой продукции.

Основные требования, предъявляемые к исходному сырью:

1. Допуск материалов в производство.

Качество материалов, поступающих в производство от поставщиков, является одним из основных условий для получения кондиционной продукции, выпускаемой предприятием.

Все материалы, применяемые для изготовления концентрированной серной кислоты должны удовлетворять требованиям научно – технической документации и иметь документы завода – изготовителя, удостоверяющие соответствие качества материала установленным требованиям.

Входной контроль материалов /3/ осуществляется по ГОСТ 24297 – 80 «Перечню входного контроля» и СТП 303 – 19 – 80.

2. Транспортировка и хранение кислот.

Транспортирование концентрированной азотной кислоты осуществляется в железнодорожных цистернах по ГОСТ 10674 – 82 и автомобильным транспортом в соответствии с правилами перевозок опасных грузов, действующими на соответствующих видах транспорта, по трубопроводу, изготовленному из алюминия марки А 85 или стали марок ЭИ 654, ЭП 79

Транспортирование концентрированной серной кислоты осуществляется в железнодорожных сернокислотных стальных цистернах из стали марки Ст. 3 по ГОСТ 380 – 71 с маркировкой «Серная кислота», в стальных контейнерах, бочках по ГОСТ 6247 – 79 или поставляют потребителю перекачкой по кислотопроводу из стали марки Ст. 3 по ГОСТ 380 – 71.

Азотную и серную кислоты хранят в стальных емкостях с кислотостойкой футеровкой. Коэффициент заполнения емкостей не должен превышать 0,8.

3. Маркировка кислот.

Транспортная маркировка наносится в соответствии с ГОСТ 14192 – 96, с нанесением знака опасности по ГОСТ 19433 – 88, класс 8, подкласс 8.1, номер ООН – 1830, классификационный шифр – 8121. Трафареты на цистерны заполняются в соответствии с правилами перевозки грузов.

4. Технические требования к готовой продукции.

Концентрированная азотная кислота /3/ должна удовлетворять ГОСТ 701 – 89, согласно которому массовая доля азотной кислоты должна быть не менее 97, 5 %.

Концентрированная серная кислота должна удовлетворять ГОСТ 2184 – 77, согласно которому массовая доля серной кислоты должна быть не менее 92 %.

Таблица 8 – Ссылочные нормативные документы

|  |  |
| --- | --- |
| Обозначение документа, на который дана ссылка | Номер раздела, подраздела, пункта, подпункта разрабатываемого документа, в котором дана ссылка |
| 1 | 2 |
| ГОСТ 12.1.004.83 | 9.8 |
| ГОСТ 12.1.005 – 88 | 9.7 |
| ГОСТ 12.1.007 – 76 ССБТ | 9.2 |
| ГОСТ 12.1.018 – 86 | 9.10 |
| ГОСТ 12.1.030 – 81 | 9.10 |
| ГОСТ 12.2.003 – 74 | 7.1 |
| ГОСТ 12.2.007.0 – 75 | 9.10 |
| ГОСТ 12.4.026 – 76 | 9.10 |
| ГОСТ 12.4.036 – 78 | 9.4 |

Продолжение таблицы 8

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | 2 |
| ГОСТ 380 – 71 | 8 |
| ГОСТ 701 – 89 | 2.2, 8 |
| ГОСТ 1500 – 78 | 4.1 |
| Г ОСТ 2184 – 77 | 2.2, 8 |
| ГОСТ 5375 – 79 | 9.4 |
| ГОСТ 5542 – 87 | 2.2 |
| ГОСТ 6247 – 79 | 8 |
| ГОСТ 10377 – 79 | 7.2 |
| ГОСТ 10674 – 82 | 8 |
| ГОСТ 14192 – 96 | 8 |
| ГОСТ 19433 – 88 | 8 |
| ГОСТ 24297 – 80 | 8 |
| ОСТ 3613 – 76 | 5.1 |
| ОСТ 84 – 2319 – 87 | 4.1 |
| НПБ 105 – 95 | 9.2, 9.8 |
| СаНПиН 2.2.1/2.1.1.567 – 96 | 9.12 |
| СаНПиН 2.2.4/1.1.8.562 – 96 | 9.5 |
| СаНПиН 2.2.4/1.1.8.566 – 96 | 9.5 |
| СН 245 – 71 | 9.6 |
| СНиП 23 – 05 – 95 | 9.9 |
| СНиП 41.01 – 2003 | 9.7 |
| СТП 75 – 057 06 – 57 – 89 | 4.1 |
| СТП 84. 303 – 50 – 87 | 4.1 |
| СТП 303 – 19 – 80 | 4.1 |
| ГОСТ 2.104 – 68. Основные надписи | Схема комбинированная общая |

Продолжение таблицы 8

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | 2 |
| ГОСТ 2.108 – 68. Спецификация | Приложения |
| ГОСТ 2.109 – 73. Основные требования к чертежам | Графическая часть проекта |
| ГОСТ 21.404 – 85. Условные обозначения средств автоматизации на схемах комбинированных общих | Схема комбинированная общая |

9 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

9.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССА

Регенерация концентрированной серной кислоты непрерывное и частично автоматизировано. Производство состоит из двух отделений:

Отделения концентрирования азотной кислоты, отделения концентрирования серной кислоты /3/. Используется следующее оборудование: колонна ГБХ, вихревая ферросилидовая колонна БМКСХ (поз.1), абсорбер (поз.4), вентиляторы (поз.7), насосы (поз.8), напорные баки (поз.5), холодильники – конденсаторы (поз.2,3), топка (поз.12).

В основном все оборудование размещено на первом этаже, но так как колонна ГБХ (поз.1) имеет высоту h = 6295 мм, то она располагается по высоте всех четырех этажей, напорные баки находятся на четвертом этаже, так как кислоты движутся по трубопроводам в колонну ГБХ самотеком.

Цех по производству концентрированной серной кислоты располагается в одном здании. Здание цеха четырехэтажное. Размеры здания составляют: высота h зд = 21,6 м; L зд = 63,6 м, B зд = 18 м; S цеха = 1064,2 м2, h цеха = 12 м.

Опасные и вредные факторы:

1. Пожаровзрывоопасность, так как на предприятии используются пожаровзрывопасные вещества (см. табл.).

2. Токсичность, так как используются токсичные вещества (см. табл.).

3. Опасность поражения электрическим током, так как электроснабжение цеха обеспечивается с трансформаторных подстанций. Электроснабжение питается напряжениями 380 В и 500 В.

4. Опасность получения химических ожогов, так как на объекте используются вещества, вызывающие тяжелые ожоги (см. табл.).

5. Опасность получения термических ожогов, так как производство по регенерации серной кислоты идет при высоких температурах. Т = 135ºС. Также процесс сопровождается выделением большого количества тепла.

6. Опасность механического травмирования, так как производственное здание является четырехэтажным – работа идет на высоте. Имеются ограждения, поручни.

Отделение концентрирования серной кислоты является опасным производством, так как в технологическом процессе регенерации используются химически – опасные вещества.

В соответствии с СанПин 2.2.1/2.1.1.567 – 96 производство по регенерации серной кислоты относят ко II классу с шириной санитарно – защитной зоны – 1000 м.

9.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕЩЕСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ОБЪЕКТЕ

В процессе регенерации отработанной серной кислоты /3/ применяются в качестве исходного сырья азотная кислота, отработанная серная кислота и природный газ, и другие вещества в виде различных смесей.

В таблице 9.1 приведены основные свойства веществ, применяемых в цехе по регенерации отработанной серной кислоты.

Расчет величины избыточного давления взрыва по природному газу при разгерметизации трубопровода в объеме помещения (∆ Р) /10/ производится по формуле:

, (*кПа*) (9.1)



где Н Т – теплота сгорания, *кДж/кг*; *ρ в* = 1,2 – плотность воздуха при температуре Т0, *кг/м3*;С Р = 1,01 *кДж/кг ∙ К* – теплоемкость воздуха; Т 0 – начальная температура воздуха, К; Р 0 = 101 *кПа* – атмосферное давление; Z = 0,5 – коэффициент участия горючего во взрыве; V СВ – свободный объем помещения, *м 3*, равный 80 % от геометрического объема ; К Н – коэффициент, учитывающий негерметичность и неадиабатичность процесса горения, равный 3; m – масса газа, вышедшего из трубопровода в помещение, *кг*.

Масса газа, вышедшего из помещения определяется по формуле:

m = ρ газа ∙ V газа , (*кг*) (9.2)

где ρ газа – плотность газа, *кг/м 3*; V газа – объем газа, *м 3*.

m = 0,760 ∙ 34 = 25,84 *кг*

*кПа*



Вывод: Характер воздействия веществ, применяемых в данном цеху, является различным: токсическим, раздражающим, отравляющим, поражающим.

Согласно НПБ 105 – 95 производственное помещение по регенерации отработанной серной кислоты относится к категории А (взрывоопасная), так как в данном цехе в качестве исходного сырья используется природный газ, при воспламенении которого развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Производственное помещение по регенерации отработанной серной кислоты относится к зоне класса В – I а, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов с воздухом или другими окислителями не образуются, а возможны лишь в результате аварий или неисправностей.

9.3 БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

В производстве по регенерации отработанной серной кислоты выполняются следующие основные правила техники безопасности:

1. Пропуск газа или жидкости из аппарата /3/ или коммуникаций устраняется промывкой водой или продувкой паром либо газообразным азотом и, наконец, воздухом.

2. На паровых котлах, кислородных ресиверах и на нагнетательных линиях от насосов установлены систематически проверяемые предохранительные клапаны. Не разрешается перегрузка клапанов или ограничение их действия.

3. На всех перечисленных выше аппаратах и линиях от компрессоров установлены манометры с нанесенной на шкалу контрольной чертой красного цвета. Повышение давления сверх отмеченного красной чертой не допускается. Для предотвращения повышения давления ведется равномерная подача исходных реагентов, контролируемая щелевым расходомером.

4. Щиты управления и штурвалы вентилей и задвижек расположены в местах не загроможденных аппаратурой и коммуникациями и установлены на высоте, удобной для обслуживания.

5. Проходы между аппаратами, лестничные клетки, двери и места с аварийными запасными выходами не загромождаются оборудованием или коммуникациями.

7. Проводится периодическая проверка исправности установленных автоматических приборов.

8. Для избежания химических ожогов на рабочих местах установлены ванны с содовым раствором. С целью предотвращения образования в помещениях взрывоопасных смесей коммуникации и аппаратура герметичны. Для обеспечения герметичности аппарат концентрирования футерован изнутри. Фланцевые соединения колонны во избежание разбрызгивания кислоты ограждаются манжетами из свинца. Прокладки между царгами изготавливаются из фторопласта 4.

Для обеспечения герметичности кислотопроводов уплотнение фланцевых соединений осуществляется при помощи прокладок из "ванного асбеста", обмотанного фторопластовой лентой. Коррозия может служить одной из причин аварий и разрушений оборудования. Оборудование работает в агрессивной среде, все оборудование из кислотостойкой стали. Колонна ГБХ (поз.1) и вихревая колонна БМКСХ (поз.13) из ферросилида.

9. Во избежание термических ожогов все аппараты ограждены и выполнены из ферросилида. Температура стенок аппаратов не превышает 45ºС.

10. Имеются ограждения и поручни, так как производственное здание четыреэхтажное (работа идет на высоте).

Все оборудование согласно утвержденным графикам проходит периодический осмотр на чистоту и планово- предупредительный ремонт.

9.4 СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

Все работающие кислотных участков обеспечены /3/ специальной одеждой из серошинельного сукна по ГОСТ 12.4.036 – 78, резиновыми сапогами по ГОСТ 5375 – 79 с суконными чулками, кислото-защитными рукавицами типа КР, предохранительными защитными очками по ГОСТ 10377 – 79, противогазом марки «БКФ» или КД.

Промышленные фильтрующие противогазы и № 6-16-1980-75 « противогаз промышленный малого габарита».

На рабочих местах кислотных участков имеются водопроводные краны, ванны с содовым раствором, смен вод которых производится 2 раза в месяц.

Розливы азотной кислоты устраняют промыванием водой, а розливы серной кислоты нейтрализуют гашеной известью. По пролитой кислоте не ходить**.**

9.5 ШУМ И ВИБРАЦИЯ

В проектируемом объекте источниками шума и вибрации могут служить воздуходувки, вентиляторы, электродвигатели вентиляционных установок, центробежные насосы.

Воздуходувки относятся к машинам безударных процессов, имеют виброзащиту в виде кожухов, предусмотренную заводом – изготовителем.

Воздуходувки также расположены в специально отведенных для них местах, огражденных перегородками. Поэтому аппаратчики находятся на некотором удалении от воздуходувок, а шум и вибрация от этих установок не приносят вреда здоровью людей.

Дополнительными источниками шума являются вентиляторы, насосы, шум от которых достигает 80 – 100 дБ. Шум от вентиляционного агрегата распространяется через воздушную среду, по строительным конструкциям и стенкам воздуховодов.

В таблице 9.2 указаны допустимые /11/ уровни шума на рабочих местах согласно СаНПиН 2.2.4/1.1.8.562 – 96

Таблица 9.2 - Допустимые уровни шума на рабочих местах согласно СаНПиН 2.2.4/1.1.8.562 – 96

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рабочее место | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц (500) | Уровни звука и эквивалентные уровни звука дБ |
| Помещение | 63 | 60 |

Продолжение таблицы 9.2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| управления |  |  |
| Рабочие комнаты | 63 | 60 |
| Постоянные рабочие места | 83 | 85 |

Борьба с шумом осуществляется путем снижения первоначального шума от вентиляционного агрегата и насосов, изоляцией агрегатов от их основания при помощи виброзащитных элементов. Амортизаторы вибраций изготовляют из стальных пружин или резиновых прокладок. Фундаменты под центробежные насосы изолируют войлоком, асбестом, для уменьшения вибрации. Применяют также звукопоглощающие материалы, как стекловолокно, поролон, для воздуховодов и облицовки вентиляционных камер.

В качестве индивидуальных средств защиты от шума в соответствии с нормами СаНПиН 2.2.4/1.1.8.562 – 96 используют легкие противошумные вкладыши и беруши, вставляемые в уши, позволяющие снизить уровень шума на 10 – 15 дб.

В помещении регенерации отработанной серной кислоты имеются вентиляторы, насосы, создающие вибрацию, равную 150 дб. В соответствии с СаНПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 нормы вибрации составляют 100 дб (виброускорение 0,1 м/с2). Для защиты от вибрации, передаваемой человеку через ноги, используется обувь на войлочной или толстой резиновой подошве.

9.6 ВЕНТИЛЯЦИЯ

Вентиляция воздуха в нашем помещении осуществляется естественным путем за счет дверных и оконных проемов и искусственно с помощью приточно-вентиляционных установок. В случае превышения ПДК паров HNO3 в воздухе рабочей зоны автоматически происходит включение аварийной вентиляции, которая снабжена газоанализиратором, который настроен на ПДК кислот.

Расчет вентиляции.

Требуемый воздухообмен /10/ для помещения, где выделяются вредные или взрывоопасные газы, пар и пыль определяют по формуле:

(9.3)



где *Lрв*= 4160 – расход воздуха, удаляемого из рабочей зоны помещения местными отсосами и на технологические нужды, *м3/ч*, *G* = 0,00178– расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух помещения, *мг/ч*; *q в* = 0,005 – концентрация вредного вещества в воздухе, мг/м3; *q ух* = 0,0012 – уходящем из помещения (за пределами рабочей зоны), *мг/м3*; *q р3* = 0,002 – удаляемом из рабочей зоны, *мг/м3*; *q п* = 0,00032 – подаваемом в помещение (*q п* < 30 % *q ух* ), *мг/м3*.

Требуемый воздухообмен для помещения, где выделяются вредные или взрывоопасные вещества определяют по формуле:



Кратность воздухообмена составляет:

К = 6182 / 10379,52 = 0,47 *ч -1*

Требуемый воздухообмен для помещения, где образуется избыток тепла определяют по формуле:

*L* = *Q* / (*СР* ∙ *ρ* ∙ (t УХ – t П) ), (*м 3 /ч*) (9.4)

где *Q* = 25820,03– общее количество тепла, выделившегося в помещение, *кДж*; *СР* - теплоемкость воздуха, равная 1,2 *кДж/кг ∙ ºС*; *ρ* – плотность воздуха, *кг/м3*; t РЗ = 22 – температура воздуха рабочей зоны , ºС; t П = 16,5 – температура воздуха, подаваемого в помещение; t УХ = 31 – температура воздуха, уходящего из помещения, ºС.

Теплопоступления от нагретых частей аппарата Q АП = 1761, 03 *Вт*.

Теплопоступления от оборудования, приводимого в действие электродвигателями Q ОБ = 1445 *Вт*.

Теплопоступления от источников искусственного освещения Q ОСВ = 21522 *Вт*.

Теплопоступления от работающих Q РАБ = 1092 *Вт*.

Общее количество тепла, выделившегося в помещение:

Q об = Q АП + Q ОБ + Q ОСВ + Q РАБ , (*Вт*) (9.5)

Q об = 25820,03 *Вт*

Требуемый воздухообмен:

*L* = 25820,03 / (1,01∙ 0,36 ∙ (31 – 16,5 ) ) = 4897,4

Кратность воздухообмена составляет:

К = 4897,4 / 10379,52 = 0,47 *ч -1*

Максимальная вредность по вредным веществам, так как кратность воздухообмена при этом составляет 0,59 *ч -1*, что больше 0,47 *ч -1* при теплоизбытках. В связи с этим в цехе предусмотрена не только естественная

вентиляция (через дверные и оконные проемы), но и вентиляция с помощью приточно – вытяжных систем (механическая общеобменная) кратностью воздухообмена К = 1,5.

В соответствии с СН – 245 – 71 выбираем вентилятор антикоррозионного исполнения – для перемещения агрессивных сред. Материал – железохромистая сталь марки 18.9 – 57 – 4. Электродвигатель марки М2, исполнения 2, у которого КПД = 0.8, N = 1,6 *кВт*, n = 2800 *обор./мин*, производительность 4,5 ∙ 10 3 *м 3/ч*, асинхронного типа.

Аварийный вентилятор марки ЦАГИ (с пусковым магнитопускателем)

9.7 МИКРОКЛИМАТ

Наше производство частично автоматизированное, работа, производится оператором сидя или стоя, связана с ходьбой и сопровождающаяся некоторым физическим напряжением.

Отопление бытового и рабочего помещения – централизованное, паровое. (СНиП 41.01 – 2003). Температура поверхностей нагретых частей системы составляет Т = 70 º С /3/.

Исходя из перечисленного по ГОСТ 12.1.005 – 88 выбираем I а категорию работ и составляем таблицу 9.3.

Таблица 9.3 – Метеорологические условия

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Катего -рия работ | Время года | Температура воздуха, ºС | | Относительная влажность, % | | Скорость движения воздуха, м/с | |
| Оптим. | Допуст. | Оптим. | Допуст. | Оптим. | Допуст. |
| I б | Теплый | 22 – 24 | 22 – 24 | 40-60 % | 15-75 % | 0,1 | 0,1 |
| I б | Холодный | 21 – 23 | 19 – 24 | 40-60 % | 15-75% | 0,1 | 0,1-0,2 |

Вывод: Условия труда не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест. Допустимые условия труда относят к безопасным. Действительные значения параметров микроклимата соответствуют оптимальным значениям микроклимата.

Для поддержания оптимальных значений температуры и влажности в холодное время года используется система отопления.

9.8 ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА И СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Здание концентрирования кислот четырехэтажное. Здание кирпичное, толщина наружных стенок 500 мм. (стены несущие и ограждающие).

Критическая температура для кирпича 700-1000 ºС, полы бетонные.

Минимальный предел огнестойкости ограждающих стен (противопожарные) 0,75ч.

У здания предусмотрена лестница шириной 70 см. для эвакуации людей с верхних этажей при пожаре. Число эвакуационных выходов – 5 (через противопожарные двери). Также помещение оборудовано противопожарными лестницами с естественным освещением через окна. Ширина дверей не менее 1м, длина до 5 м /3/.

Для ликвидации пожара установлены пожарные краны в здании, а на улице пожарные гидранты на расстоянии 100 м друг от друга, не ближе 5 м от стены, не далее 50 м установлены пожарные извещатели.

Таблица 9.4 - Типы противопожарных преград

|  |  |
| --- | --- |
| Противопожарные преграды | Минимальный предел огнестойкости, ч |
| 1. противопожарные двери и окна (материал дверей – дерево с глубокой пропиткой антипиреном и дополнительной защитной  термоизоляцией) количество дверей – 4 шт.  2. Противопожарные зоны  - колонны (500x500 мм.)  - противопожарные перегородки  3. Противопожарные перекрытия для отделения зон по НПБ 105-95 (материал – дерево, покрытое трудногорючими материалами) | 1,2  2,5  0,25  1 |

Исходя из перечисленного и ссылаясь на то, что цех по регенерации отработанной серной кислоты по НПБ 105 – 95 относится к классу А, выбираем степень огнестойкости здания – II, пределы огнестойкости 0,25 – 2,5 часа.

Максимальное расстояние от наиболее удаленного рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода – 25 м.

Также помещение обеспечено первичными средствами пожаротушения /3/:

1) огнетушители порошковые ОП-1 (для тушения электропроводки,

электродвигателей, находящихся под напряжением по ГОСТ 12.1.004-83)

2) ручные углекислые ОУ-2 (для тушения открытого огня и газов)

В случае возникновения пожара в помещении необходимо прекратить работу, включить вентиляционную систему, приступить к тушению пожара и вызвать пожарную команду.

Согласно СНиП 2.04.09-84 выбирается автоматический извещатель типа ДТР. Также ручные пожарные извещатели вне здания на конструкциях на высоте 1,5 м. от уровня пола.

Таблица 9.5 – Классификация производственного помещения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование производственного помещения | Класс по ПУЭ | Класс сани-тарной зоны | Категория по НПБ 105-95 |
| Отделение серной кислоты | В-Iа | II | А (взрывоопасная |
| Отделение азотной кислоты | В-Iа | II | А (взрывоопасная) |

Вывод: Цех по регенерации серной кислоты согласно ПУЭ относится к зоне класса В – Iа, так как в процессе регенерации отработанной серной кислоты для получения топочных газов используется природный газ, способный образовывать взрывоопасные смеси только при авариях и неисправностях.

9.9 ОСВЕЩЕНИЕ

Для освещения нашего помещения используется естественное, искусственное, а также аварийное освещение.

В соответствии с ранее принятым проектом объемно-пространственного и конструктивного решения здания, естественное освещение боковое, через световые проемы в наружных окнах здания.

Так как производство по регенерации отработанной серной кислоты частично автоматизировано и непрерывно, то согласно СНиП 23 – 05 – 95 разряд зрительных работ – III (высокой точности). Значения КЕО /11/ при боковом освещении 2 %, размер объектов различения 0,5 мм, освещенность при боковом освещении выполняемых работ Е= 200 лк, объектом различения является деления шкалы КИП, размер объекта различения для III разряда составляет 0,3 – 0,5 мм. Подраязряд работ – г, тон – светлый, контраст – средний.

Расчет естественного освещения

Расчет освещения заключается в определении площади световых проемов для помещения:

, (9.6)



где

S - площадь пола, равная 1081,2 *м 2*;

S0 – площадь окон, *м 2*;

e н = 2 - нормированное значение КЕО;

Кз = 1.6 – коэффициент запаса;

к ЗД =1,1- коэффициент, учитывающий затемнения окон противостоящими зданиями;

η0 , - световая характеристика окна, равная 11.

τ0 – общий коэффициент пропускания, учитывает оптические свойства стекла (0,8), потери света в переплетах (0,6), потери из-за загрязнения остекленной поверхности (0,8), в солнцезащитных устройствах (0,7) равный 0,269.

r1 – коэффициент, учитывающий отражение света от потолка, стен и отношение длины помещения L к его длине В, равный 1,7.



Вывод: В цехе по регенерации отработанной серной кислоты имеется 24 окна, размеры одного окна 4,5 × 5 м. Общая площадь окон составляет 540 м 2. Этого недостаточно для нормированного значения, следовательно, требуется искусственное освещение, так как работа оператора требует высокой точности.

Необходимое количество ламп, обеспечивающих нормированное значение освещенности рассчитывается по формуле

, *шт*  (9.7)



где *Е* – нормированная освещенность, лк; *S п* – площадь помещения, *м 2*; *к* коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности ламп в процессе эксплуатации, равный 1,1; *F* – световой поток лампы выбранной мощности и типа (ЛДЦ 80), равный 3740лм; *Z* – поправочный коэффициент светильника, равный 1,3; *η* = 0,6 – коэффициент использования светового потока, определяется с учетом коэффициента отражения светового потока от потолка, стен и показателя помещения i = 4,5, найденного из соотношения



Вывод: Для освещения данного цеха в вечернее и ночное применяется 138 ламп НОГЛ – 80 мощностью 80 Вт каждая и светильники типа МВП с общим количеством 138 штук соответственно.

Аварийное освещение.

Эвакуационное освещение обеспечивает освещенность на полу или на земле основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5 лк, на открытых наружных площадках – 0,2 лк. Освещение безопасности создает на рабочих поверхностях в производственных помещениях и на территории предприятия наименьшую освещенность в размере 5 % от нормированной освещенности. Аварийное освещение составляет 10 лк. Светильники аварийного освещения присоединены к сети, не зависящей от сети рабочего освещения /11/.

9.10 ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ И СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Характеристика сети: Так как цех по регенерации отработанной серной кислоты согласно ПУЭ относится к классу взрывоопасной зоны В – Iа, поэтому степень защиты оболочки IP 54, т.е. уровень взрывозащиты электрооборудования повышенной надежности против взрыва. Напряжение сети составляет 380 В, 550 В, сила тока 120 А, частотой 100 Гц /3/.

В соответствии с ПУЭ цех по регенерации серной кислоты относится к классу повышенной опасности, так как в цехе имеются токопроводящие полы (железобетонные) и возможно одновременное прикосновение человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам.

В кислотном цехе для защиты людей от воздействия электрического тока применяются индивидуальные изолирующие защитные средства: диэлектрическая обувь, на рабочих местах деревянные подставки, покрытие резиновыми ковриками. Люди, работающие вблизи электроустановок напряжением 550 В (например, у вентиляторов) имеют указатели напряжения (вольтметры) с изолирующими ручками.

По способу защиты людей от поражения электрическим током все электротехнические изделия нашего производства в соответствии с ГОСТ 12.1.018 – 86 относятся к I классу, так как изделия, кроме рабочей изоляции токоведущих частей установки (оплетка обмоточных проводов), имеют, элементы заземления (вилку с заземленным контактом): Rиз ≥ 0,5 МОм в соответствии с ПУЭ при напряжении до 1000 В иR заз ≤ 4 Ом согласно ГОСТ 12.1.030 - 81.

Для обеспечения бесперебойной работы электрооборудования, во избежание поражения электрическим током, все электрооборудование, как было сказано выше, имеет надежную рабочую изоляцию, предусмотренную заводом-изготовителем. В качестве изолирующего материала используется эмаль, противоточные лаки. Контроль за состоянием изоляции проводится не реже одного раза в год.

Электроснабжение цеха обеспечивается с трансформаторных подстанций, электрооборудование питается напряжением 380 В и 500 В. Силовая сеть выполнена из кабеля марки ВРБТ, также выполнена контрольным кабелем КРВБТ /3/. Во избежание опасности механических повреждений проводов кабеля проводка делается под штукатуркой. Также электрооборудование заземляется к общему контуру друг к другу сопротивлением не более 4 Ом. Заземление предусматривается контурное медное или стальное (ст. 45). Стержни заземлителя располагаются по всему контуру на расстоянии 4 метров друг от друга.

В электроустановках применяется система защитного отключения, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки, при возникновении в ней опасности поражения током. Безопасность обеспечивается быстродействующим (0,1-0,2 сек) отключением всей сети при замыкании на элементы электрооборудования. Также применяем световую сигнализацию (красную) в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0 – 75 при коротком замыкании электрооборудования. Для профилактики электротравматизма применяем в соответствии с ГОСТ 12.4.026 – 76 предостерегающие плакаты. Электродви-гатели взрывозащищенного исполнения по ГОСТ 12.2.020 – 76 марки 2ExiIIAT1.

Удельное объемное электрическое сопротивление исходного сырья и готовой продукции не менее 105 Ом · м и не более 108 Ом · м.

Следовательно, по ЭСИБ производственное помещения относится к классу слабой электризации Э2. Для защиты рабочих от статического электричества применяют специальную хлопчатобумажную одежду, обувь на резиновой подошве; оборудование заземлено.

9.11 МОЛНИЕЗАЩИТА

Для защиты от прямого удара молнии применяются молниеотводы. Отделение концентрирования кислот по ПУЭ относится к классу В - Iа и здание расположено в местности со средней грозовой деятельностью 20 часов в год.

Ожидаемое количество N поражений молнией в год здания определяется по формуле:

N = [(S + 6 h) · (L + 6h) – 7,7 h 2 ] n · 10 - 6, (9.8)

где:

S – ширина здания, м; S = 18 *м*

L - длина здания, м; L = 64,6 *м.*

h – наибольшая высота здания, м; h= 21,6 *м*

n = 2 – среднегодовое число ударов молний на 1 *м 2* земной поверхности.

N = N = [(18 + 6 · 21,6) · (64,6 + 6 · 21,6) – 7,7 ·21,6 2 ] 2 · 10 – 6 = 0,05

Так как N < 1, то тип зоны защиты молниеотводов Б, степень надежности 95 %, категория молниезащиты II, так как здание согласно ПУЭ относится к классу В–I

а. Так как объект протяженный, выбираем 3 одиночных стержневых молниеотвода для защиты от прямых ударов молнии. Выбираем молниеприемник для II категории здания сечением 100 мм 2, токоотвод сечением 48 мм 2, заземлитель сечением 160 мм 2 /11/.

Высота зоны защиты h 0 над землей рассчитывается по формуле:

h0 = 0,92 · h , (*м*) (9.9)

где h – высота троса, *м*.

h0 = 0,92 · 33 = 30,36 м

Радиус зоны защиты на уровне земли определяется по формуле:

R0 = 1,5 ∙ h , (*м*) (9.10)

где h – высота троса, *м*.

R0 = 1,5 ∙ 33 = 49,5 *м*

Радиус торцевых областей зоны защиты над землей:

R х = 1,5 ∙ (h – h х / 0,92), (*м*) (9.11)



Рисунок 1 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода.

Высоту одиночного стержневого молниеотвода h рассчитываем по формуле

h = (rX + 1,63 · hX) / 1,5, (*м*) (9.12)

где hX - высота зоны защиты над землей, *м*;

rX - радиус зоны защиты на высоте h x над землей, *м*.

Для определения радиуса зоны защиты разбиваем наш объект на три равные части, при этом получаются три прямоугольника. Длина объекта составит 21,5 *м*, ширина – 9 *м* (ширина здания – 18 *м*, длина здания - 64,6 *м*). При этом радиус зоны защиты составит 14,5 *м*.

h = (14,5 + 1,63 · 21,6 ) / 1,5 = 33 *м*

Высота молниеприемника:

h м = 33 – 21,6 = 11,4 *м*.

Согласно расчетам устанавливается 3 одиночных тросовых молниеотвода с высотой молниеприемника 11,4 метров, радиусом зоны защиты 14,5 метров.

9.12 ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

Для создания нормальных условий труда, необходимо, чтобы оборудование кислотного цеха было герметично. Для обеспечения герметичности аппараты концентрирования футерованы изнутри. Фланцевые соединения колонны во избежание разбрызгивания кислоты ограждаются манжетами из алюминия. Прокладки между царгами изготавливаются из фторопласта.

Испытание на герметичность производится продувкой колонны. Для обеспечения герметичности кислотопроводов уплотнение фланцевых соединений осуществляется при помощи прокладок из "ванного асбеста", обмотанного фторопластовой лентой.

Коррозия может служить одной из причин аварий и разрушений оборудования. Оборудование работает в агрессивной среде, все оборудование из кислотостойкой стали. Колонна ГБХ и вихревая колонна из ферросилида.

В соответствии с СанПин 2.2.1/2.1.1.567-96 данное производственное помещение относится ко II классу с шириной санитарно- защитной зоны 1000 м.

Контроль за состоянием воздушной среды осуществляется ЦЗЛ согласно графику контроля.

Отработанные воды после холодильников и конденсаторов азотной кислоты по трубопроводам стекают в колодцы. Из колодцев сточные воды собираются в общий коллектор, откуда подаются в цех № 3 на нейтрализацию /3/.

В процессе денитрации отсутствуют твердые отходы

**Вывод:** После очистки сточные воды и уловленные нитрозные газы являются безвредными, так как не превышают установленных ПДК. Поэтому производство по регенерации серной кислоты не наносит вреда окружающей среде.

10 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

10.1 РЕЖИМ РАБОТЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО ПРОИЗВОДСТВА

Режим работы проектируемого производства по регенерации серной кислоты является непрерывным. Для непрерывного производства /12/:

Т *календарный* = 365*дней* · 24 *часа* = 8760 *ч / г*

Номинальный фонд времени определяется с учетом выходных и праздничных дней: Т *номинальный* = Т *к*= 8760 *ч / г*

Эффективный фонд времени учитывает простои оборудования в ремонте и по технологическим причинам:

Т *эффективный* = Т *ном* (1 – α / 100) , (*дн*.), (10.1)

где α – регламентированный процент времени простоя оборудования в ремонте и по технологическим остановкам, равный 10%.

Т э*ффективный* = 365 ( 1 – 10 / 100) = 329 *дней*

Т *эффективный*= 329*дней* · 24 *часа* = 7896 *ч /г*

10.2 РАСЧЕТ ГОДОВОГО ВЫПУСКА ПРОДУКТА

За одну загрузку сырья и материала на предприятии получают 100000 кг серной кислоты, продолжительность цикла при однократной загрузке сырья 72 часа. Годовой выпуск продукта *Вб*:



, *( т/год)* (10.2)



*т/год*

,*( т/год)*,(10.3)



*т/год*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время 75 – 80% производимой азотной кислоты используется для получения нитратов, сложных минеральных удобрений, 10 – 15% - для получения взрывчатых веществ. Основное количество производимой азотной кислоты на данном предприятии расходуется на получение взрывчатых веществ.

Производство азотной кислоты является опасным для здоровья человека, так как в данном технологическом процессе используются вещества, вызывающие химические, термические ожоги при воздействии на кожу человека. Для предотвращения получения ожогов предлагается в более опасных местах производства автоматизировать процесс. Это позволит сократить технологический процесс (сократится время концентрирования серной кислоты, качество продукции, а значит и затраты предприятия) и вывести людей из опасной зоны.

В проекте выполнены подбор и расчеты основного оборудования (колонна типа БМКСХ) и вспомогательного оборудования (насосы, трубопроводы).

В данном проекте для повышения качества и выхода готовой продукции предлагается увеличить количество абсорбционных ступеней с 2 до 3, что позволит уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу, а значит и выход готовой продукции (на 5 %), что является одной из главных целей предприятия.

Цех по регенерации отработанной серной кислоты является безвредным по отношению к окружающей среде, несмотря на значительные промышленные выбросы отходящих газов и сточных вод в результате деятельности, так как после очистки содержание окислов азота, паров азотной и серной кислот не превышает установленных ПДК. Для снижения вредных выбросов в цеху имеются установки по обезвреживанию промышленных выбросов (дополнительная абсорбция паров азотной кислоты и окислов азота).

В данном проекте установлена технико-экономическая целесообразность технологической линии по регенерации отработанной серной кислоты с производительностью 10363,5 т / год по проекту, что больше производительности по аналогу на 493,5 т / год. Для проекта имеются необходимые технические предпосылки (источники сырья, энергии, потребители).

Экономические расчеты доказали экономическую эффективность производства по регенерации отработанной серной кислоты, поскольку годовая прибыль при производительности 10363,5 т / год составляет 2045709,4 рублей. Срок окупаемости капитальных вложений в проект составляет 1,03 года, что является приемлемым показателем для производителя и удовлетворяет нормативному значению. Данное производство считается рентабельным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атрощенко В.И.. Технология азотной кислоты / В.И Атрощенко., С.И. Каргин. – М.: Химия,1970 г. – 496 с.

2. Лебедев А. Я. Регенерация отработанных смесей кислот / А. Я. Лебедев,

А. П. Тарасов. – М.: Дом техники, 1963. – 277 с.

3. Регенерирование и концентрирование отработанных кислот: технологический регламент / ФКП КГ КПЗ. – Казань, 2002. – 87 с.

4. Амелин А. Г.. Технология серной кислоты / А. Г. Амелин. – М.: Химия, 1983 – 360 с.: ил.

5. Павлов К.Ф.. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, А.Т. Романков, А. А. Носков. – Л.: Химия,1987. – 705 с.

6. Справочник сернокислотчика. – М.: Химия, 1972. - 715 с.

7. Справочник азотчика. – М.: Химия, 1967. – 492 с.

8. Хуснутдинов В. А.. Оборудование заводов неорганических веществ / В. А. Хуснутдинов, И. Г. Хабибуллин, Сайфуллин Р. С. – Л.: Химия, 1987. – 248 с.

9. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы: Справочное пособие / Б. Д. Кошарский [и др.].- Л.: Машиностроение, 1976. – 448с.

10. Безопасность и экологичность проекта при курсовом и дипломном проектировании / сост. В. Г. Юхнович; Казан. гос. технолог. ун – т. – Казань, 1994. – 42 с.

11. Макаров Г. В. Охрана труда в химической промышленности / Г. В. Макаров – М: Химия, 1989. – 495 с.

12. Экономическое обоснование курсовых и дипломных проектов: Метод. указан. / В. И. Вальперт [и др.]. КХТИ. – Казань, 1991. – 28 с.

Приложение А

(обязательное)

Форма 1. Ведомость технического проекта

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № строки | | формат | Обозначение | | | | Наименование | | | Кол.лист. | | | № экз. | | Прим. | |
| 1 | |  |  | | | | Документация общая | | |  | | |  | |  | |
| 2 | |  |  | | | |  | | |  | | |  | |  | |
| 3 | | А4 | ДП.В.01.00.00.00.ПЗ | | | | Пояснительная записка | | | 168 | | |  | |  | |
| 4 | | А1 | ДП.В.01.00.00.00.С6 | | | | Схема комбинированная | | |  | | |  | |  | |
| 5 | |  |  | | | | общая | | | 2 | | |  | |  | |
| 6 | | А1 | ДП.В.01.00.00.00.МЧ | | | | Монтажный чертеж | | | 3 | | |  | |  | |
| 7 | |  |  | | | |  | | |  | | |  | |  | |
| 8 | |  |  | | | | Документация по | | |  | | |  | |  | |
| 9 | |  |  | | | | сборочным единицам | | |  | | |  | |  | |
| 10 | | А1 | ДП.В.01.13.00.00.ВО | | | | Концентрационная колонна | | |  | | |  | |  | |
| 11 | |  |  | | | | БМКСХ | | |  | | |  | |  | |
| 12 | |  |  | | | | Чертеж общего вида | | | 1 | | |  | |  | |
| 13 | |  |  | | | |  | | |  | | |  | |  | |
| 14 | |  |  | | | |  | | |  | | |  | |  | |
| 15 | |  |  | | | |  | | |  | | |  | |  | |
| 16 | |  |  | | | |  | | |  | | |  | |  | |
| 17 | |  |  | | | |  | | |  | | |  | |  | |
|  |  | |  |  |  | ДП В.01.00.00.00.ПЗ | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  |  |
| Изм | Лист | | № документа | Подпись | Дата |
| Разработал | | | Алексеева С..И. |  |  | *Ведомость технического проекта* | | Лит. | | | | Лист | | Листов | |
| Гл. конс. | | | Порфирьева Р.Т. |  |  | *у* |  | |  | *1* | | *1* | |
| Н. контр. | | | Нажарова Л. Н |  |  | *КГТУ гр. 4212 - 21* | | | | | | | |
| Зав.каф. | | | Хацринов А. И |  |  |
| Реценз. | | |  |  |  |

Приложение Б

(обязательное)

Форма 2. Спецификация комплекса

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формат | Зона | | Поз. | | Обозначение | | | | Наименование | | | | Кол-во | | | Прим. | | | |
|  |  | |  | |  | | | | Укрупненные сборочные | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | | единицы | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.01.00.00 | | | | Колонна ГБХ | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.02.00.00 | | | | Холодильник – конденсатор | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.03.00.00 | | | | Холодильник – конденсатор | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.04.00.00 | | | | Абсорбер | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.05.00.00 | | | | Напорный бак | | | | 5 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.06.00.00 | | | | Сборный бак | | | | 5 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.07.00.00 | | | | Нитрозный вентилятор | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.08.00.00 | | | | Центробежный насос | | | | 4 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.09.00.00 | | | | Абсорбционная башня | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.10.00.00 | | | | Сборный бак | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | | Газораспределительный | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.11.00.00 | | | | пункт | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.12.00.00 | | | | Топка | | | | 5 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.00.00 | | | | Концентрационная колонна | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | | БМКСХ | | | | 5 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.14.00.00 | | | | Эжектор | | | | 5 | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  | |  | |  | |  |  | ДП.В.01.13.00.00.ВО | | | | | | | | | | | |
|  | |  | |  | |  |  |
| Изм | | Лист | | № документа | | Подпись | Дата |
| Разработал | | | | Алексеева С. И. | |  |  | *Концентрационная колонна БМКСХ* | | Лит. | | | | Лист | | | Листов | | |
| Гл.конс. | | | | Порфирьева Р.Т. | |  |  | у |  |  | | | 1 | | | 2 |
| Н. контр. | | | | Нажарова Л. Н. | |  |  | *КГТУ гр. 4212-21* | | | | | | | | | |
| Зав.каф. | | | | Хацринов А. И. | |  |  |
| Реценз. | | | |  | |  |  |
|  | | | | | | | | |  | | | |  | | |  | | | |
| Формат | Зона | | Поз. | | Обозначение | | | | Наименование | | | | Кол-во | | | Прим. | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.15.00.00 | | | | Коллектор | | | | 5 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.16.00.00 | | | | Брызголовушка | | | | 5 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.17.00.00 | | | | Труба выброса | | | | 5 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.18.00.00 | | | | Холодильник | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.19.00.00 | | | | Ротаметр | | | | 5 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.20.00.00 | | | | Опора | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.21.00.00 | | | | Опора | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.22.00.00 | | | | Опора | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.23.00.00 | | | | Опора | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.24.00.00 | | | | Приемная емкость | | | | 3 | | |  | | | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.25.00.00 | | | | Воздуходувка | | | | 1 | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |

Приложение В

(обязательное)

Форма 2 а. Спецификация к чертежу основного аппарата

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формат | Зона | | Поз. | | Обозначение | | | | Наименование | | | | Кол-во | | Приме-чание | |
|  |  | |  | |  | | | | Сборочные единицы | | | |  | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.01.00.ВО | | | | Крышка | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.02.00.ВО | | | | Царга рабочая | | | | 7 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.03.00.ВО | | | | Царга полая | | | | 11 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.04.00.ВО | | | | Гильза | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.05.00.ВО | | | | Царга полая | | | | 5 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.06.00.ВО | | | | Опора | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.07.00.ВО | | | | Гильза | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.08.00.ВО | | | | Гильза | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.09.00.ВО | | | | Фланец | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | |  | | | | Детали | | | |  | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.10.00.ВО | | | | Штуцер | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.11.00.ВО | | | | Каплеотбойник | | | | 8 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.12.00.ВО | | | | Штуцер | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.13.00.ВО | | | | Штуцер | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.14.00.ВО | | | | Штуцер | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.15.00.ВО | | | | Штуцер | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.16.00.ВО | | | | Штуцер | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | |  | |
|  | |  | |  | |  |  | *ДП В.01.13.00.00.ВО* | | | | | | | | |
|  | |  | |  | |  |  |
| Изм | | Лист | | № документа | | Подпись | Дата |
| Разработал | | | | Алексеева С. И. | |  |  | *Концентрационная колонна БМКСХ* | | Лит. | | | | Лист | | Листов |
| Гл.конс. | | | | Порфирьева Р.Т. | |  |  | у |  |  | | 1 | | 2 |
| Н. контр. | | | | Нажарова Л. Н. | |  |  | *КГТУ гр. 4212-21* | | | | | | |
| Зав.каф. | | | | Хацринов А. И. | |  |  |
| Реценз. | | | |  | |  |  |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | 166 | |
| Формат | Зона | | Поз. | | Обозначение | | | | Наименование | | | | Кол-во | | Приме-чание | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.17.00.ВО | | | | Штуцер | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.18.00.ВО | | | | Штуцер | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.19.00.ВО | | | | Штуцер | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.20.00.ВО | | | | Штуцер | | | | 1 | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.21.00.ВО | | | | Завихритель | | | | 9 | |  | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | | | | Стандартные изделия | | | |  | |  | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.07.22.ВО | | | | Гайка ст.3 М16 | | | | 10 | | ГОСТ77 | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | 98-55 | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.07.23.ВО | | | | Болт ст.3 М16×80 | | | | 10 | | ГОСТ | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | 5915-51 | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.08.24.ВО | | | | Гайка ст.3 М16 | | | | 10 | | ГОСТ77 | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | 98-55 | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.08.25.ВО | | | | Болт ст.3 М16×80 | | | | 10 | | ГОСТ | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | 5915-51 | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.09.26.ВО | | | | Гайка ст.3 М24 | | | | 10 | | ГОСТ77 | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | 98-55 | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.09.27.ВО | | | | Болт ст.3 М24×80 | | | | 10 | | ГОСТ | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | 5915-51 | |
|  |  | |  | | ДП.В.01.13.28.00.ВО | | | | Прокладка | | | | 21 | | Асбест | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | ГОСТ | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | 2850 | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | | – 40 | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | | | |  | | | |  | |  | |

Приложение Г

(обязательное)

Форма 3. Перечень элементов схемы комбинированной общей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Поз. обоз начение | Наименование | Кол. | Примечание |
| 1 | Колонна ГБХ | 1 |  |
| 2 | Холодильник – конденсатор паров |  |  |
|  | концентрированной азотной кислоты | 1 |  |
| 3 | Холодильник – конденсатор паров окислов |  |  |
|  | азота | 1 |  |
| 4 | Абсорбер | 1 |  |
| 5 1 – 3 | Напорный бак | 3 |  |
| 6 1 – 3 | Сборный бак | 3 |  |
| 7 | Нитрозный вентилятор | 1 |  |
| 8 1 – 4 | Центробежный насос | 4 |  |
| 9 | Абсорбционная башня | 1 |  |
| 10 | Сборник отработанной воды | 1 |  |
| 11 | Газораспределительный пункт | 1 |  |
| 12 1 – 5 | Топка | 5 |  |
| 13 1 – 5 | Колонна БМКСХ | 5 |  |
| 14 1 – 5 | Эжектор | 5 |  |
| 15 1 – 5 | Коллектор | 5 |  |
| 16 1 – 5 | Брызголовушка | 5 |  |
| 17 1 – 5 | Труба выброса | 5 |  |
| 18 | Холодильник | 1 |  |
| 19 1 – 5 | Ротаметр | 5 |  |
| 20 | Опора | 1 |  |
| 21 | Опора | 1 |  |
| 22 | Опора | 1 |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | | | |  | |  | | | | |
|  |  |  | |  |  | ДП В.01.00.00.00.С6 | | | | | | | | |
|  |  |  | |  |  |
| Изм | Лист | № документа | | Подпись | Дата |
| Разработал | | Алексеева С. И. | |  |  | *Схема комбинированная общая* | | Лит. | | | | Лист | Листов | |
| Гл. конс. | | Порфирьева Р.Т. | |  |  | *у* | |  |  | *1* | *1* | |
| Н. контр. | | Нажарова Л. Н. | |  |  | *КГТУ гр.4212 – 21* | | | | | | |
| Зав.каф. | | Хацринов А. И. | |  |  |
| Реценз. | |  | |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Поз. обоз –  наче –ние | Наименование | Кол. | Примечание |
| 23 | Опора | 1 |  |
| 24 | Приемная емкость | 3 |  |
| 25 | Воздуходувка | 1 |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |