ООО «НТЦ «Ахмадуллины»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

Р.М. Ахмадуллин

«None» None None года

**Исходные данные для проектирования**

**блока демеркаптанизации СУГ установки замедленного коксования Комплекса глубокой переработки нефти**

**(базовый проект)**

**198-22-001.001.009-ИД**

*В настоящем документе содержится конфиденциальная информация относительно технологии «Демерус», включая эксплуатационные условия и технологические возможности, которые не могут быть раскрыты неуполномоченным лицам. Представленные материалы являются собственностью Лицензиара. Получая настоящую информацию, вы соглашаетесь не использовать ее ни для каких других целей, кроме тех, которые согласованы с Лицензиаром в письменной форме, не воспроизводить этот документ полностью или частично и не раскрывать его содержимое третьим лицам без письменного разрешения Лицензиара.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Ревизия** | **Дата выдачи** |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Казань 2024

# 1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящий документ разработан на основании договора № 13-2/22 от 10.10.2022 г. в соответствии с Техническим Заданием на разработку Базового проекта очистки сжиженных углеводородных газов от меркаптанов АО «Инженерно-промышленная нефтехимическая компания» для ПАО «Славнефть-ЯНОС».Блок щелочной очистки СУГ предназначен для удаления меркаптанов и остаточного сероводорода из СУГ и рассчитан на переработку по номинальной производительности 16210,0 кг/ч СУГ.

В состав блока щелочной очистки «ДЕМЕРУС» входят:

– узел очистки СУГ от меркаптановой серы и остаточного сероводорода водным раствором гидроксида натрия;

– окислительно-каталитическая регенерация щелочного раствора;

– реагентное хозяйство (емкость хранения и приготовления щелочного раствора V-305).

Разработчик Базового проекта блока щелочной очистки СУГ «ДЕМЕРУС» с регенерацией отработанного раствора щелочи – ООО «НТЦ «Ахмадуллины».

Режим работы блока щелочной очистки СУГ «ДЕМЕРУС» с регенерацией отработанного раствора щелочи – круглосуточный, круглогодичный 8760 часов в год. Расчетный период непрерывной эксплуатации установки между остановками на капитальный ремонт – 48 месяцев. Срок службы оборудования не менее 20 лет. Срок службы катализатора не менее 8 лет. При расчете и подборе оборудования, согласно Технического задания на проектирование, был принят диапазон устойчивой производительности 60÷110% от расчетного расхода.

# 2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ «ДЕМЕРУС»

Из известных методов очистки СУГ от меркаптанов широко используемым является метод их экстракции щелочным раствором из газов с последующей регенерацией щелочного раствора окислением меркаптидов кислородом воздуха в органические дисульфиды в присутствии гомогенных [1, 2] или гетерогенных [3-5] катализаторов.

Содержание общей серы в СУГ после демеркаптанизации на гомогенных и гетерогенных катализаторах представлено в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Содержание общей серы в СУГ после демеркаптанизации на гомогенных и гетерогенных катализаторах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Технология | [SRSH] в очищенном | [Sобщ] в очищенном СУГ, ppm |
| предприятия | очистки СУГ | СУГ, ppm |  |
| ООО «ЛУКОЙЛ-ННОС» | Мерокс | 5÷10 | 20 |
| АО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания» | ДМД-2 | 2 | 20 |
| Харг Петрокемикал (Иран) | ДМД-2 | 5 | 50 |
| ООО «ЛУКОЙЛ-ННОС» | Демерус | 5 | не более 10 |
| АО «ТАИФ-НК» | Демерус | 5 | не более 10 |
| ОАО «Славнефть - ЯНОС» | Демерус | 5 | не более 10 |
| Филиал ПАО АНК «Башнефть» «Башнефть-Уфанефтехим» | Демерус | 5 | не более 10 |
| ORLEN Lietuva | Демерус | 5 | не более 10 |

Продолжение таблицы 2.1 – Содержание общей серы в СУГ после демеркаптанизации на гомогенных и гетерогенных катализаторах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Технология | [SRSH] в очищенном | [Sобщ] в очищенном СУГ, ppm |
| АО «Газпромнефть-МНПЗ» | Демерус | 5 | не более 10 |
| ОАО «Мозырский НПЗ» (Республика Беларусь) | Демерус | 5 | не более 10 |

При использовании гомогенного (растворенного в щелочи) фталоцианинового катализатора процесс окисления меркаптидов продолжается и вне регенератора: в трубопроводах и в экстракторе по причине совместного присутствия в циркулирующем щелочном растворе катализатора и растворенного кислорода. Образующиеся вне регенератора дисульфиды переходят из щелочи в очищаемый углеводород в процессе экстракции СУГ, повышая в нем содержание общей серы и жидкого остатка [1, 5], что является большим недостатком гомогенно-каталитических процессов демеркаптанизации СУГ, особенно при использовании СУГ в качестве моторного, коммунально-бытового топлива, изобутиленовой фракции - сырья МТБЭ, пропиленовой фракции - для полимеризации.

Технология демеркаптанизации углеводородного сырья «Демерус» разработана НТЦ «AhmadullinS» в 90-х годах XX века для решения многоплановых задач удаления меркаптанов — демеркаптанизации природного газа, сжиженных углеводородных газов, бензиновых, керосиновых и дизельных фракций, газовых конденсатов и легких нефтей.

Отличительной особенностью технологии «Демерус» по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами является использование при регенерации меркаптидсодержащей щелочи гетерогенного фталоцианинового катализатора КСМ-Х, изготовленного нанесением каталитически активных компонентов на полимерную основу.

В отличие от водорастворимых фталоцианиновых катализаторов, подверженных термическому и гидролитическому разложению в водно-щелочных растворах, состав и технология производства гетерогенного катализатора КСМ-Х, обеспечивает прочное удерживание его каталитически активных компонентов на полимерном носителе. Это исключает необходимость периодической или непрерывной подпитки катализатора КСМ-Х дорогостоящими соединениями металлов переменной валентности, т.е. их нежелательное расходование и загрязнение сточных вод предприятия солями тяжелых металлов. Повышенная стойкость этого катализатора к каталитическим ядам и термическому воздействию обеспечивает его стабильную активность на протяжении всего срока промышленной эксплуатации.

Многолетний опыт промышленной эксплуатации катализатора КСМ-Х показал следующие преимущества по сравнению с гомогенными катализаторами [3-6]:

1. Срок эксплуатации катализатора в системе очистки возрастает ≈ в 30 раз (с 3÷4-х месяцев ≈ до 10 лет).

2. Срок службы щелочного раствора увеличивается примерно втрое и составляет 1 год (без замены), что позволяет значительно сократить расход щелочи и объем щелочных стоков с блоков демеркаптанизации углеводородных газов.

3. Использование гетерогенного катализатора КСМ-Х позволяет исключить попадание солей тяжелых металлов - фталоцианина кобальта и его производных в сточные воды и далее на БОС и в водоемы.

Особенностью предлагаемого способа регенерации щелочи для очистки СУГ по сравнению с известными отечественными и зарубежными аналогами является использование при регенерации меркаптидной щелочи усовершенствованного гетерогенного фталоцианинового катализатора серии КСМ-Х [7], преимуществом которого является его устойчивость к воздействию примесей аминов в щелочном растворе [8].

# 3 ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ, ПАТЕНТОСПОСОБНОСТЬ И ПАТЕНТНАЯ ЧИСТОТА ПРОЦЕССА

Результаты обследования и анализ работы существующих отечественных и зарубежных процессов демеркаптанизации легкого углеводородного сырья показали, что для регенерации щелочи эффективным является метод окисления сернистых соединений кислородом воздуха в присутствии гомогенного [1] или гетерогенного [2-5] фталоцианиновых катализаторов.

Собственники ООО «НТЦ «Ахмадуллины» являются Лицензиарами технологии «ДЕМЕРУС» (патент № 2603635), применяемой для демеркаптанизации СУГ.

В технологии «ДЕМЕРУС» применяется катализатор КСМ-Х, изготавливаемый по ТУ 2175-001-40655797-2014, состав и технология приготовления которого защищены патентами РФ на изобретение № 2529500 и № 2677226. Гарантийный срок эксплуатации катализатора КСМ-Х составляет 8 лет.

Катализатор КСМ-Х изготовлен нанесением каталитически активных компонентов на полимерный носитель и выполнен в виде блочных насадочных элементов с развитой геометрической поверхностью. Катализатор стационарно закреплен в регенераторе. Состав и технология его изготовления исключают вымывание каталитически активных компонентов из полимерного носителя катализатора и попадание их в щелочной раствор, что обеспечивает сферу действия катализатора КСМ-Х только в объеме регенератора. Данные работы [9] показывают, что степень окисления меркаптидов кислородом воздуха в щелочной среде в отсутствие катализаторов чрезвычайно низкая.

Кроме того, процесс окислительной регенерации меркаптидсодержащей щелочи на этом катализаторе можно проводить при повышенных температурах порядка 60-800С, при которых концентрация растворенного кислорода в циркулирующем щелочном растворе примерно вдвое ниже, чем в гомогенно-каталитическом процессе [1], проводимом при 40-500С (из-за низкой термогидролитической устойчивости гомогенного катализатора в щелочи).

Гетерогенный катализатор КСМ-Х хорошо зарекомендовал себя в процессе демеркаптанизации СУГ на 9-ти нефтеперерабатывающих заводах России и ближнего Зарубежья (ОАО АНК "БАШНЕФТЬ"; ОАО "Газпромнефть-МНПЗ" - 3 установки; ООО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез» - 2 установки; ОАО "Славнефть-ЯНОС"; ОАО «ТАИФ-НК»; НК «РОСНЕФТЬ» Лисичанский НПЗ (Украина); ORLEN Lietuva (Мажейкяйский НПЗ), Литва; ОАО «Мозырский НПЗ», Беларусь; ООО «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтепереработка») [8].

В настоящее время ведется детальное проектирование и строительство еще 8-ми установок сероочистки СУГ, включающий узел регенерации насыщенной меркаптидами щелочи с использованием гетерогенного катализатора КСМ-Х:

1. ООО «Славянск ЭКО» - блок демеркаптанизации сжиженных углеводородных газов с ГФУ (25,9 м3/ч) по технологии «Демерус» с использованием гетерогенного катализатора КСМ-Х.

2. ОАО «Новошахтинский завод нефтепродуктов» - блок демеркаптанизации сжиженных углеводородных газов с ГФУ (14,8 м3/ч) по технологии «Демерус» с использованием гетерогенного катализатора КСМ-Х.

3. ООО «Афипский НПЗ» – блок демеркаптанизации сжиженных углеводородных газов с УЗК (13,7 м3/ч) по технологии «Демерус» с использованием гетерогенного катализатора КСМ-Х

4. ОАО «Новошахтинский завод нефтепродуктов» - блок демеркаптанизации сжиженных углеводородных газов с ГФУ (9,7 м3/ч) по технологии «Демерус» с использованием гетерогенного катализатора КСМ-Х.

5. ПАО «Орскнефтеоргсинтез» - блок демеркаптанизации сжиженных углеводо-родных газов с установки замедленного коксования (10,2 м3/ч) и поток предельных СУГ с ГФУ (34,2 м3/ч) по технологии «Демерус» с использованием гетерогенного катализатора КСМ-Х.

6. ООО «Афипский НПЗ» – блок аминовой очистки от сероводорода и щелочной демеркаптанизации сжиженных углеводородных газов (50,0 м3/ч) с установок газофракционирования предельной секции и установки Коксования непредельной секции по технологии «Демерус» с использованием гетерогенного катализатора КСМ-Х.

7. ОАО «РОСНЕФТЬ-Сызранский НПЗ» – блок демеркаптанизации предельного (18,4 м3/ч) и непредельного (33,2 м3/ч) сырья ГФУ по технологии «Демерус» с использованием гетерогенного катализатора КСМ-Х.

8. ОАО АНК «БАШНЕФТЬ» – блок сероочистки (от карбонилсульфида и меркаптанов) сжиженных углеводородных газов (53,0 м3/ч) установки замедленного коксования 2000 по технологии «Демерус» с использованием гетерогенного катализатора КСМ-Х.

Для сероочистки сжиженных углеводородных газов АО «Газпромнефть-МНПЗ» разработаны следующие технических решения, защищенные патентами РФ (табл. 3.1 и 3.2).

Таблица 3.1 – Охранные документы, под действие которых попадает объект техники

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование и обозначение объекта и его составных частей в соответствии с технической документацией | Вид охранного документа, страна, номер и начало срока действия | Патентовладелец (страна, фирма) |
| Способ демеркаптанизации углеводородного сырья | Патент РФ, №  2 603 635  C1, 27.05.2015 | Россия, Ахмадуллина, Альфия Гариповна, Ахмадуллин Ренат Маратович |
| Катализатор для окисления сернистых соединений | Патент РФ, №  2 529 500  С2, 07.08.2012 | Россия, Ахмадуллин Ренат Маратович, Ахмадуллина Альфия Гариповна |
| Новые металлокомплексные соединения олигопирокатехина и способ получения катализаторов окисления сернистых соединений на их основе | Патент РФ, № 2677226 С1, 22.11.2017 | Россия, Ахмадуллина Альфия Гариповна, Ахмадуллин Ренат Маратович |

Таблица 3.2 – Правовая охрана объекта техники (лицензионные договоры)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование и обозначение объекта и его составных частей в соответствии с технической документацией | Наименование предмета правовой охраны | Лицо(а), предоставляющее(ие) право использования | Лицо,  которому предоставлено право использования |
| Способ демеркаптанизации углеводородного сырья Патент РФ № 2 603 635 C1 27.05.2015 | Лицензионный договор о распоряжении неисключительным правом РД0276071 23.11.2018   Лицензионный договор о распоряжении неисключительным правом РД0334900 23.06.2020г. | Россия, Инд. предпри-ниматель Ахмадуллина Альфия Гариповна | Россия, ООО «Афипский НПЗ»     Россия, ПАО «Орскнефтеоргсинтез» |

# 4 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО СЫРЬЯ, ПРОДУКТОВ, ОСНОВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

# 5 ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТХОДОВ И ОТРАБОТАННОГО ВОЗДУХА

# 6 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССА

Принципиальная технологическая схема демеркаптанизации СУГ приведена на рис. 6.1

Исходное сырье с содержанием сероводорода до None % мас.; диоксида углерода до None % мас., карбонилсульфида по сере до None % мас., метилмеркаптана по сере до None % мас., этилмеркаптана по сере до None % мас. и пропилмеркаптана по сере до None % мас. подается в куб насадочного экстрактора None. Расход СУГ в экстрактор составляет до None кг/ч, температура 40ºС с давлением 21,0 кгс/см2 (изб.). В среднюю часть экстрактора С-301 поверх насадок подается регенерированный водный раствор щелочи с температурой 30÷45°С из куба отстойника дисульфидов V-303. В процессе взаимодействия СУГ со стекающим вниз щелочным раствором происходит хемосорбция содержащихся в нем меркаптанов по реакции 1, щелочной гидролиз карбонилсульфида на 40÷60% по реакции 2, а также хемосорбция сероводорода и диоксида углерода по реакциям 3-4:

RSH + NaOH = RSNa + H2O

COS + H2O → CO2 + H2S

H2S + 2NaOH → Na2S + 2H2O

CO2 + 2NaOH → Na2CO3 + H2O

Очищенное щелочью от меркаптановых соединений сырье проходит далее вверх через отстойную зону экстрактора None, снабженную металлическим каплеотбойником.

# 7 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА «ДЕМЕРУС»

Таблица 7.1 – Условия проведения процесса «ДЕМЕРУС»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Стадии, узлы, аппараты | Наименование показателей режима и условий работы аппаратов | Единицы измерения | Номинальные значения показателей | Допустимые пределы колебаний режима |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Продолжение таблицы 7.1 – Условия проведения процесса «ДЕМЕРУС»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Стадии, узлы, аппараты | Наименование показателей режима и условий работы аппаратов | Единицы измерения | Номинальные значения показателей | Допустимые пределы колебаний режима |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Продолжение таблицы 7.1 – Условия проведения процесса «ДЕМЕРУС»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Стадии, узлы, аппараты | Наименование показателей режима и условий работы аппаратов | Единицы измерения | Номинальные значения показателей | Допустимые пределы колебаний режима |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

# 8 НОРМЫ РАСХОДА ОСНОВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таблица 8.1 – Нормы расхода химреагентов и катализаторов при демеркаптанизации СУГ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Стадии, узлы, аппараты | Наименование, рабочие формы материалов | Един. измерения | Нормы расхода |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

Таблица 8.2 – Эксплуатационные расходы энергоресурсов при демеркаптанизации СУГ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Стадии, узлы, аппараты | Наименование, рабочие формы материалов | Един. измерения | Нормы расхода |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

# 9 МАТЕРИАЛЬНЫЙ И ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ТЕХНОЛОГИИ «ДЕМЕРУС»

9.1 Исходные данные для расчета материального баланса

1. Число часов работы в году: None

2. Содержание сернистых соединений в СУГ до очистки:

- сероводород None, % масс.

- метилмеркаптан по сере None, % масс.

- этилмеркаптан по сере None, % масс.

- пропилмеркаптан по сере None, % масс.

- карбонилсульфид по сере None, % масс.

- сероуглерод None, % масс.

- общая меркаптановая сера None, % масс.

3. Содержание сернистых соединений в СУГ после очистки:

- сероводород None, % масс.

- метилмеркаптан None, % масс.

- этилмеркаптан None, % масс.

- пропилмеркаптан по сере None, % масс.

- карбонилсульфид по сере None, % масс.

- сероуглерод по сере None, % масс.

- общее содержание меркаптановой серы, не более None

- содержание диметилдисульфида по сере None

- содержание диэтилдисульфида по сере None

- содержание общей серы (не более) None

4. Диапазон устойчивой работы установки None%÷None%

Расчет материального баланса произведен из условий работы установки по сырью, равного None или None кг/ч.

9.2 Расчетный материальный баланс технологии «ДЕМЕРУС»

Результаты расчета материального баланса технологии «ДЕМЕРУС» представлены в табл. None, схема материальных потоков блока очистки СУГ по технологии «ДЕМЕРУС» - на рис. None.

Расчет частоты замены 5% раствора щелочи в емкости None

Взаимодействие щелочи с углекислым газом протекает по следующей реакции:

NaOH + CO2 → NaHCO3;

Расход воздуха – None нм3/ч, содержание None – None % (None кг/ч).

Количество NaOH для полного превращения None:

None (кг/ч) ⸱ None (г/моль) / None (г/моль) = None (кг/ч),

где None – молярная масса None, None – молярная масса None.

Принимаем, что в реакцию вступит 4% NaOH из 5%:

None (кг/ч) ⸱ 5% / 4% = None (кг/ч)

Следовательно, необходимый расход NaOH – None кг/ч. Расход 5% раствора NaOH равен:

None / None = None кг/ч ⸱ None = None кг/год

Объем емкости None – None, степень заполнения – None. Следовательно, емкость None вмещает:

None ⸱ None = None м3 (None кг раствора NaOH).

Частота замены раствора для обеспечения необходимого расхода NaOH:

None / None ⁓ None раз в год.

9.3 Тепловой баланс стадии экстракции меркаптанов в None

Тепловой эффект взаимодействия этилмеркаптана со щелочью составляет None кДж/моль [14]. Для расчетов примем тепловой эффект взаимодействия метилмеркаптана со щелочью равным тепловому эффекту взаимодействия этилмеркаптана со щелочью.

Общее число молей меркаптанов, вступивших в реакцию со щелочью, составляет None моль/час:

None кг/ч ⸱ (None/None) (кг/моль) = None (моль/час)

1. Тепловой эффект реакции взаимодействия меркаптанов со щелочью равен:

Q1 = None ⸱ None = None кДж/час

Теплота реакции взаимодействия сероводорода со щелочью составляет – None кДж/моль. Общее число молей сероводорода, вступивших в реакцию со щелочью, составляет: None моль/час (None кг/ч⸱(None/None)(кг/моль) = None).

Q2 = None ⸱ None = None кДж/час

3. Количество теплоты, приходящее с СУГ:

Q3 = None ⸱ None = None кДж/час

где: None – уд. теплоемкость СУГ, кДж/кг °С;

4. Количество теплоты, приходящее со щелочным раствором:

Q4 = None ⸱ None = None кДж/час

где: None – уд. теплоемкость 10%-ного раствора щелочи, кДж/кг °С.

5. Теплопотери в колонне None Q5 принимаем по нормируемой плотности теплового потока qL в соответствии СП на тепловую изоляцию:

qL= None Вт/м;

Q5= None Вт/м ⸱ None м = None Вт = None кДж/ч

6. Количество теплоты, уносимое с очищенным СУГ:

Q6 = None ⸱ tвых ⸱ None = None ⸱ tвых

7. Количество теплоты, уносимое с насыщенным меркаптидами щелочным раствором:

Q7 = None ⸱ tвых ⸱ None = None ⸱ tвых

Решая уравнение Q1 + Q2 + Q3 + Q4 - Q5 = Q6 + Q7 относительно tвых, получим:

tвых= (None + None + None + None - None) / (None + None) = None°С.

Следовательно, при смешении раствора щелочи с температурой None°С с СУГ, имеющим температуру None°С, температура СУГ в колонне None c учетом теплопотерь повысится на None℃ до None °С.

Таблица 9.1 – Расчетный материальный баланс процесса очистки СУГ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер потока по схеме | 1 | | 2 | | 3 | |
| Наименование потока | flow name | | flow name | | flow name | |
| Состав | кг/ч | % масс. | кг/ч | % масс. | кг/ч | % масс. |
| СУГ | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Нафта | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| CH3SH | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| C2H5SH | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| C3H7SH | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| H2S | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| COS | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| CS2 | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| H2O | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| NaOH | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| CH3SNa | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| C2H5SNa | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Na2S | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| CH3SO2SCH3 | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| C2H5SO2SC2H5 | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| CH3SSCH3 | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| C2H5SSC2H5 | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Na2SO4 | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| N2 | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| O2 | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| CO2 | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Итого: | 21.0000 | 42.0000 | 63.0000 | 84.0000 | 105.0000 | 126.0000 |

Продолжение таблицы 9.1 – Расчетный материальный баланс процесса очистки СУГ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер потока по схеме | 4 | |  | |  | |
| Наименование потока | flow name | |  | |  | |
| Состав | кг/ч | % масс. |  |  |  |  |
| СУГ | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Нафта | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| CH3SH | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| C2H5SH | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| C3H7SH | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| H2S | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| COS | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| CS2 | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| H2O | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| NaOH | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| CH3SNa | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| C2H5SNa | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Na2S | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| CH3SO2SCH3 | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| C2H5SO2SC2H5 | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| CH3SSCH3 | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| C2H5SSC2H5 | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Na2SO4 | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| N2 | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| O2 | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| CO2 | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Итого: | 147.0000 | 168.0000 |  |  |  |  |

Продолжение таблицы 9.1 – Расчетный материальный баланс процесса очистки СУГ

Таблица 9.2 – Термодинамические характеристики потоков процесса очистки СУГ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер потока по схеме | 1 | | 2 | | 3 | |
| Наименование потока | flow name | | flow name | | flow name | |
| Показатели | Жидкая фаза | Газовая фаза | Жидкая фаза | Газовая фаза | Жидкая фаза | Газовая фаза |
| Температура, °С | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Давление, кгс/см2 (изб.) | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Расход для жидкой фазы, м3/ч | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Расход для газовой фазы, нм3/ч | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Молекулярная масса, г/моль | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Молярная плотность, кгмоль/м3 | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Плотность, кг/м3 | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Теплосодержание, кДж/кг | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Теплоёмкость, кДж/кг·С | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Cp/Cv | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Кинематическая вязкость, сСт | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Динамическая вязкость, сПз | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Поверхностное натяжение, дин/см | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |
| Теплопроводность, Вт/(м·К) | 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 4.0000 | 5.0000 | 6.0000 |

Продолжение таблицы 9.2 – Термодинамические характеристики потоков процесса очистки СУГ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер потока по схеме | 4 | |  | |  | |
| Наименование потока | flow name | |  | |  | |
| Показатели | Жидкая фаза | Газовая фаза |  |  |  |  |
| Температура, °С | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Давление, кгс/см2 (изб.) | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Расход для жидкой фазы, м3/ч | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Расход для газовой фазы, нм3/ч | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Молекулярная масса, г/моль | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Молярная плотность, кгмоль/м3 | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Плотность, кг/м3 | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Теплосодержание, кДж/кг | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Теплоёмкость, кДж/кг·С | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Cp/Cv | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Кинематическая вязкость, сСт | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Динамическая вязкость, сПз | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Поверхностное натяжение, дин/см | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |
| Теплопроводность, Вт/(м·К) | 7.0000 | 8.0000 |  |  |  |  |

Продолжение таблицы 9.2 – Термодинамические характеристики потоков процесса очистки СУГ

Рисунок 9.1 – Материальные потоки блока очистки СУГ от меркаптанов

# 10 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА

Таблица 10.1 – Химизм процесса

# 11 СПЕЦИФИКАЦИЯ ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

11.1 Статическое оборудование

Таблица 11.1 – Спецификация статического оборудования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индекс по схеме | Наименование аппарата | Объем м3 | Диаметр, мм | Длина, мм | Давление рабочее, кгс/см2 (изб.) | Давление расчетное, кгс/см2 (изб.) | Температура рабочая оС | Температура расчетная, оС |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Продолжение таблицы 11.1 – Спецификация статического оборудования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индекс по схеме | Наименование аппарата | Объем м3 | Диаметр, мм | Длина, мм | Давление рабочее, кгс/см2 (изб.) | Давление расчетное, кгс/см2 (изб.) | Температура рабочая оС | Температура расчетная, оС |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

\* давление верха/низа аппарата.

\*\* уточняется на стадии детального проектирования

\*\*\* давление верха

11.2 Теплообменное оборудование

Таблица 11.2.1 – Спецификация теплообменного оборудования по рабочей среде

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индекс по схеме | Наименование аппарата | Тна входе, 0С | Тна выходе, 0С | Давление изб., кгс/см2 (изб.) | Давление Расчетное, кгс/см2 (изб.) | Расход, м3/ч |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

\* уточняется на стадии детального проектирования.

Таблица 11.2.2 – Спецификация теплообменного оборудования по теплоносителю

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индекс по схеме | Наименование аппарата | Тна входе, 0С | Тна выходе, 0С | Т расч., ℃ | Рраб/расч, кгс/см2 (изб.) | Расход |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

\* Уточняется при детальном проектировании и соответствует полной конденсации водяного пара.

11.3 Динамическое оборудование

Таблица 11.3 – Спецификация динамического оборудования

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Индекс по схеме | Наименование аппарата | Дифференциальный напор, м | Траб, 0С | Расход, м3/ч |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

\* Уточняется на стадии детального проектирования.

\*\* Предусмотреть резервную позицию на складе.