# 1 ВВЕДЕНИЕ

# 2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ «ДЕМЕРУС»

# 3 ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ, ПАТЕНТОСПОСОБНОСТЬ И ПАТЕНТНАЯ ЧИСТОТА ПРОЦЕССА

# 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 |
| Колонна экстракции С-301 | Давление в кубе (изб.) | кгс/см2 (изб.) | 21 | 19,0÷21,0 |
| Температура | °С | 30,0÷45,0 | не выше 45,0 |
| Расход СУГ | м3/ч | 31.8 | 15,1÷35,0 |
| Расход раствора NaOH | м3/ч | 3 | 2,0÷4,0 |
| Концентрация NaOH: | % масс. | 10,0÷20,0 | 10,0÷20,0 |
| [SRSH] до очистки | % масс. | 0.274 | не более 0,3 |
| [SRSH] после очистки | % масс. | ≤0,0005 | не более 0,0005 |
| [SН2S] до очистки | % масс. | ≤0,0025 | не более 0,0025 |
| [SН2S] после очистки | % масс. | отс. | отс. |
| Регенератор щелочи R-301 | Давление в кубе | кгс/см2 (изб.) | 3,0÷6,0 | не менее 3,0 |
| Давление верха | кгс/см2 (изб.) | 2,35÷4,35 | не менее 1,35 |
| Температура | 0С | 55 | 50,0÷60,0 |
| Расход щелочи | м3/ч | 3 | 2,0÷4,0 |
| Расход воздуха | нм3/ч | 150 | 10÷200 |
| [SRSNa] до регенерации | % масс. | 1.3 | не более 2,0 |
| [SRSNa] после регенерации | % масс. | 0.13 | не более 0,4 |
| Отстойник СУГ V-301 | Давление | кгс/см2 (изб.) | 20 | 18,0÷20,0 |
| Температура | 0С | 30,0÷45,0 | не выше 45,0 |
| Сепаратор V-302 | Давление | кгс/см2 (изб.) | 0,0÷1,0 | 0,0÷1,0 |
| Температура | 0С | 55 | 50,0÷60,0 |
| Отстойник дисульфидов V-303А | Расход щелочного раствора | м3/ч | 3 | 2,0÷4,0 |
| Расход нафты | м3/ч | 0.3 | 0,2÷0,8 |
| Давление, (изб.) | кгс/см2 (изб.) | 12 | 11,0÷13,0 |
| Температура | 0С | 30,0÷45,0 | не выше 45,0 |
| Отстойник дисульфидов V-303В | Расход щелочного раствора | м3/ч | 3 | 2,0÷4,0 |
| Расход нафты | м3/ч | 0.3 | 0,2÷0,8 |
| Давление, (изб.) | кгс/см2 (изб.) | 24 | 23,0÷25,0 |
| Температура | 0С | 30,0÷45,0 | не выше 45,0 |
| Емкость декарбонизации воздуха V-304 | Давление, (изб.) | кгс/см2 (изб.) | 4,0÷6,0 | не менее 4,0 |
| Температура | 0С | 25 | 10,0÷40,0 |
| Расход воздуха | нм3/ч | 150 | 50÷200 |
| ССО2 до абсорбции | % масс. | 0.046 | 0.046 |
| ССО2 после абсорбции | % масс. | отс. | не более 0,01 |
| Емкость хранения и приготовления щелочного раствора V-305 | Давление | кгс/см2 (изб.) | 2 | 1,5÷2,5 |
| Температура | 0С | 20 | 10,0÷70,0 |
| Водный р-р NaОН | м3 | 0÷40,0 | 0÷40,0 |
| Концентрация NaОН | % масс. | 10,0÷20,0 | 0,0÷46,0 |
| Подогреватель насыщенного раствора щелочи Е-301 | Давление (изб.) | кгс/см2 (изб.) | 4,0÷6,0 | не выше 6,0 |
| Температура на входе | 0С | 30,0÷45,0 | не выше 45,0 |
| Температура на выходе | 0С | 55 | 50,0÷60,0 |
| Водный раствор NaОН | м3/ч | 3 | 2,0÷4,0 |
| Холодильник регенерированного раствора щелочи ЕW-301 | Давление (изб.) | кгс/см2 (изб.) | 12 | 11,0÷13,0 |
| Температура на входе | 0С | 55 | 50,0÷60,0 |
| Температура на выходе | 0С | 30,0÷45,0 | не выше 45,0 |
| Водный раствор NaОН и нафты с дисульфидами | м3/ч | 3.3 | 2,2÷4,8 |

# 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 |
| Блок демеркаптанизации СУГ | Катализатор КСМ-Х (единовременная загрузка в R-301) | м3 | 10.2 |
| Катализатор КСМ-Х (единовременная загрузка в V-303А/В) | м3 | 2.0 |
| Бензиновая фракция | м3/ч | 0.3 |
| Расход 46%-ого водного раствора NaOH | кг/ч | 3.7 |

Таблица 8.2 – Эксплуатационные расходы энергоресурсов при демеркаптанизации СУГ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Стадии, узлы, аппараты | Наименование, рабочие формы материалов | Един. измерения | Нормы расхода |
| Блок демеркаптанизации СУГ | Воздух технический | нм3/ч | 150 |
| Инертный газ (азот) | нм3/ч | \* |
| Электроэнергия | кВт/ч | 5,3\*\* |
| Оборотная вода для ЕW-301 | м3/ч | 6.2 |
| Расход водяного пара | кг/ч | 140,1\*\*\* |
| Воздух КИП | нм3/ч | \*\*\*\* |

# 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 11.2 – Спецификация статического оборудования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индекс по схеме | Наименование аппарата | Объем м3 | Размеры, мм | Unnamed: 4 | Давление рабочее, кгс/см2 (изб.) | Давление расчетное, кгс/см2 (изб.) | Температура рабочая оС | Температура расчетная, оС |
| Диаметр | Длина |
| С-301 | Колонна экстракции | 22 | 1100 | 22700 | 20 | 38 | 30÷45 | 70.0 |
| V-301 | Отстойник СУГ | 22.1 | 1800 | 8000 | 20 | 38 | 30÷45 | 70.0 |
| R-301 | Регенератор щелочи | 12.4 | 1000 | 15400 | 2,35÷4,35\*\*\* | 16,0\*\* | 50÷60 | 100.0 |
| V-302 | Сепаратор | 2.3 | 1200 | 2000 | 0,0÷1,0 | 6,0\*\* | 50÷60 | 100.0 |
| V-303А | Отстойник дисульфидов | 7.5 | 1200 | 6200 | 12 | 16,0\*\* | 30÷45 | 70.0 |
| V-303В | Отстойник дисульфидов | 7.5 | 1200 | 6200 | 24 | 38,0\*\* | 30÷45 | 70.0 |
| V-304 | Емкость декарбонизации воздуха | 1.6 | 1000 | 2000 | 4,0÷6,0 | 16,0\*\* | 10÷40 | 70.0 |
| V-305 | Емкость хранения и приготовления щел. раствора | 40 | - | - | 2.5 | 6 | 10÷70 | 100.0 |
| F-301 А/В | Фильтр | \*\* | Ду=80 | - | 21 | 38,0\*\* | 30÷45 | 70.0 |
| F-302 А/В | Фильтр | \*\* | Ду=80 | - | 12 | 16,0\*\* | 30÷45 | 100.0 |
| F-303 А/В | Фильтр | \*\* | Ду=80 | - | 12 | 16,0\*\* | 30÷45 | 100.0 |