**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА им. И.М. ГУБКИНА**

**КАФЕДРА ГАЗОХИМИИ**

**ГРИГОРЬЕВА Н.А., ЖАГФАРОВ Ф.Г.**

**Расчет установки адсорбционной осушки газа**

**Методические указания по выполнению курсового проектирования по курсу Газохимя**

**(Технология углеводородных газов)**

**Под редакцией проф. Лапидуса А.Л.**

**Москва 2011 г.**

**1.ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Курсовой проект по технологии углеводородных газов выполняется в соответствии с учебным планом и имеет своей целью закрепление студентами знаний, полученных при изучении теоретического курса, более глубокое ознакомление с технологией конкретных производств, приобретение навыков по расчету и проектированию технологических установок и основных аппаратов.

Курсовой проект оформляется в виде пояснительной записки и технологической схемы процесса, выполненной в формате А1 и включаемой в состав расчетно-пояснительной записки.

Расчетно-пояснительная записка оформляется с соблюдением требований, содержащихся в методических указаниях [1].

Исходные данные для расчета курсового проекта студент берет из материалов, полученных при прохождении первой производственной практики.

**2. СТРУКТУРА РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

**2.1. Титульный лист**

**2.2. Оглавление**

**2.3. Введение**

Значение процесса осушки при подготовке природного газа к транспортировке и переработке.

**2.4. Литературный обзор**

Краткий обзор литературы по методам осушки газа. Физико-химические основы процесса, применяемые адсорбенты, особенности технологического оформления.

**2.5. Технологическая схема процесса.**

Описание технологической схемы, указание технологических режимов, назначение отдельных аппаратов

**2.6. Расчет материальных балансов**

**2.7. Расчет тепловых балансов**

**2.8. Расчет основного оборудования**

**2.9. Список используемой литературы**

**3. Исходные данные:**

1. Температура в осушителе 0С [4]
2. Общее давление в осушителе МПа [4]
3. Число часов работы цикла часов [4]
4. Производительность установки кг/ч [4]
5. Линейная скорость газа в свободном сечении м/с [1]

Таблица 1

Состав газа для очистки в моль/ч

|  |  |
| --- | --- |
| **Компонент** | **моль/ч** |
| C1 |  |
| C2 |  |
| C3 |  |
| C4 |  |
| C5 |  |
| С6 |  |
| С7 |  |
| COS |  |
| CH3SH |  |
| C2H5SH |  |
| CO2 |  |
| H2S |  |
| N2 |  |

Данные таблицы взяты из [4].

Цеолиты:

1. марка

Насыпная плотность кг/м3

## Влагоемкость цеолита % [4]

1. марка

Насыпная плотность кг/м3

# Влагоемкость цеолита % [2]

**4. Материальный баланс**

 **Таблица 2**

### **Состав газа до осушки без воды**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Компонент** | **молек. масса** | **кг/ч** | **моль/ч** | **yi** | **yi·Mi** |
| C1 |  |  |  |  |  |
| C2 |  |  |  |  |  |
| C3 |  |  |  |  |  |
| C4 |  |  |  |  |  |
| C5 |  |  |  |  |  |
| С6 |  |  |  |  |  |
| С7 |  |  |  |  |  |
| COS |  |  |  |  |  |
| CH3SH |  |  |  |  |  |
| C2H5SH |  |  |  |  |  |
| CO2 |  |  |  |  |  |
| H2S |  |  |  |  |  |
| N2 |  |  |  |  |  |
| Итого: |  |  |  |  |  |

**Таблица 3**

**Критические параметры**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Компонент** | **Tкр, К** | **Ркр, МПА** | **yi** | **Ркр·yi** | **Tкр·yi** |
| C1 |  |  |  |  |  |
| C2 |  |  |  |  |  |
| C3 |  |  |  |  |  |
| i-C4 |  |  |  |  |  |
| n-C4 |  |  |  |  |  |
| i-C5 |  |  |  |  |  |
| n-C5 |  |  |  |  |  |
| С6 |  |  |  |  |  |
| С7 |  |  |  |  |  |
| COS |  |  |  |  |  |
| CH3SH |  |  |  |  |  |
| C2H5SH |  |  |  |  |  |
| CO2 |  |  |  |  |  |
| H2S |  |  |  |  |  |
| N2 |  |  |  |  |  |
| Итого: |  |  |  |  |  |
| H2O |  |  |  |  |  |

Данные таблицы взяты из [5]

***Pi=П·xi Pвп= П·xвп*** [6]

***П= Pi/xi П=Pвп/xвп*,**следовательно ***Pi/xi=Pвп/xвп*** [6]

***xi=Ni/Σ Ni=gi/(Mi ·Σ Ni)*** [6]

*gi* – масса i-го компонента.

*Мi* – молекулярная масса i-го компонента.

*П* – общее давление в системе.

*Ni* – число молей i-го компонента.

*xi*– мольная доля i-го компонента.

*gвп* – масса водяного пара.

*Мвп* – молекулярная масса водяного пара.

*Nвп* – число молей водяного пара.

*Xв*п – мольная доля водяного пара.

***Xвп=Nвп/Σ Ni=gвп/(Mвп ·Σ Ni)*** [6]

***Pг ·Mг ·Σ Ni / gг= Pвп ·Mвп ·Σ Ni / gвп***[6]

***gвп= (Pвп ·Mвп · gг)/( Pг ·Mг)*** [6]

Так как это неидеальный газ, а реальный, то вместо давления в уравнение надо подставить значение фугитивности. Фугитивность – это такая функция всех веществ смеси, а также t и P, которая при подставке вместо давления в уравнение для идеального газа, сохраняет внешнею форму последнего и делает его применимым для реальных газов.

***Тпр газа=Тгаза/Тпсев кр* [5]**

***Тпсев кр=∑yi ·Tiкр* [5]**

***Рпр газа=Ргаза/Рпсев кр* [5]**

***Рпсев кр=∑yi ·Рi кр* [5]**

***Тпр газа=Тгаза/Тпсев кр***

***Рпр газа=Ргаза/Рпсев кр***

***νгаза=0,95***[5]

***νгаза***– коэффициент фугитивности газа.

*fгаза= νгаза· Ргаза МПа*

*fгаза –* фугитивность газа, *МПа*

***Тпр вп=Твп/Ткр вп***[5]

***Рпр вп=Рвп/Ркр вп***[5]

***Тпр вп=Твп/Ткр вп***

***Рпр вп=Рвп/Ркр вп***

***νвп=1***[5]

***νвп*** – коэффициент фугитивности водяного пара.

***fгаза= νгаза· Ргаза*** *МПа*

***gвп= (Pвп ·Mвп · gг)/( Pг ·Mг)*** *кг/ч*

Осушку ведем до содержания воды в газе 1 ppm массовые. [4]

Нужно удалить воды:

*0,0001=(41,15-х)/(245347,6+41,15-х)·100 ,* где *х* – количество воды, которое надо удалить, *кг/ч*

*0,0001* – содержание воды в газа после осушки.

решив это уравнение получим массу воды которое надо удалить,  *кг/ч*

 Таблица 4

Состав осушаемого газа

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Компонент** | **молек. масса** | **кг/ч** | **моль/ч** | **yi** | **уi·Mi** |
| C1 |  |  |  |  |  |
| C2 |  |  |  |  |  |
| C3 |  |  |  |  |  |
| C4 |  |  |  |  |  |
| C5 |  |  |  |  |  |
| С6 |  |  |  |  |  |
| С7 |  |  |  |  |  |
| COS |  |  |  |  |  |
| CH3SH |  |  |  |  |  |
| C2H5SH |  |  |  |  |  |
| CO2 |  |  |  |  |  |
| H2S |  |  |  |  |  |
| N2 |  |  |  |  |  |
| Н2О |  |  |  |  |  |
| Итого: |  |  |  |  |  |

 Таблица 5

Состав газа после осушки

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  **Компонент** | **молек. масса** | **кг/ч** | **моль/ч** | **yi** | **уi·Mi** |
| C1 |  |  |  |  |  |
| C2 |  |  |  |  |  |
| C3 |  |  |  |  |  |
| C4 |  |  |  |  |  |
| C5 |  |  |  |  |  |
| С6 |  |  |  |  |  |
| С7 |  |  |  |  |  |
| COS |  |  |  |  |  |
| CH3SH |  |  |  |  |  |
| C2H5SH |  |  |  |  |  |
| CO2 |  |  |  |  |  |
| H2S |  |  |  |  |  |
| N2 |  |  |  |  |  |
| Н2О |  |  |  |  |  |
| Итого: |  |  |  |  |  |

## Влага, поглощаемая за время работы цикла *=40,9 ·8=327,2 кг* [6]

*V1=(P0 ·V0 ·z·T1)/(P1 ·T0)* [6]

где, *V1* – объемный расход газа при данных условиях, *м3/ч*

*V0* – объемный расход газа при нормальных условиях , *м3/ч*

*z* – коэффициент сжатия, определяется по приведенным параметрам

*P0* – давление при нормальных условиях, равно *0,101 МПа*

*P1* – давление при данных условиях, *МПа*

*T0*– температура при нормальных условиях, равна *273 К*

*T1*– температура при данных условиях, *К*

***Тпр=Т1/Тпс. кр*** [5]

***Рпр=Р1/Рпс. кр***[5]

*z=0,88* [5]

Площадь поперечного сечения адсорбера равна *S=V1/3600/w* [6]

*w* – линейная скорость газа, *м/с*

Диаметр адсорбера равен ***D=(4·S/3,14)0,5***[6]

*в) Количество цеолита необходимое для поглощения влаги.*

Первый цеолит (NaA-Y) [далее в тексте №1].

## Количество цеолита равно *кг* [6]

Объем его равен *V=масса/насыпная плотностьм3* [6]

Высота слоя цеолита *м* [6]

Второй цеолит (NaA) [далее в тексте №2].

## Количество цеолита равно *кг* [6]

Объем его равен *V=масса/насыпная плотность м3* [6]

Высота слоя цеолита  *м* [6]

Размеры двух адсорберов получились не конструктивные, малая высота может привести к проскоку газа, следует разделить поток на 2 потока и увеличить скорость в 2 раза.

Расчет одного адсорбера, остальные идентичны рассчитываемому.

*V1=(0,101·301685,4·0,88·323)/(6,2·273·2)=2558,4 м3/ч*

Площадь поперечного сечения адсорбера равна *S=V1/3600/w* [6]

*w* – линейная скорость газа, *м/с*

*S=2558,4/3600/0,6=1,18 м2* [6]

Диаметр адсорбера равен *D=(4·S/3,14)0,5* [6]

*D=(4·1,18/3,14) 0,5=1,23 м*

Влага, поглощаемая за время работы цикла *=40,9 ·8/2=163,6 кг* [6]

## Количество цеолита №1 равно *163,6/0,17=962,4 кг* [6]

Объем его равен *V=масса/насыпная плотность=962,4/660=1,46 м3* [6]

Высота слоя цеолита №1 *1,46/1,18=1,24 м* [6]

Пути разделения потоков и увеличения скорости газа ни к чему не привели, адсорбер получается не конструкционным, следует при первоначальных данных увеличить время цикла до 96 часов.

Влага, поглощаемая за время работы цикла *=40,9 ·96=3926,4 кг* [6]

## Площадь поперечного сечения адсорбера

*S=5116,9/3600/0,3=4,73 м2* [6]

Диаметр адсорбера равен *D=(4·S/3,14)0,5* [6]

*D=(4·4,73/3,14) 0,5=2,45 м*

## Количество цеолита №1 равно *3926,4/0,17=23096,5 кг* [6]

Объем его равен *V=масса/насыпная плотность=23096,5 /660=35 м3* [6]

Высота слоя цеолита №1 *35/4,73=7,4 м* [6]

## Количество цеолита №2 равно *3926,4/0,2=19632 кг* [6]

Объем его равен *V=масса/насыпная плотность=19632/740=26,6 м3* [6]

Высота слоя цеолита №2 *26,6/4,73=5,6 м* [6]

*г) Тепловой баланс.*

Плотность входящего газа:

*ς=Gгаза/V1 =кг/м3* [5]

*Gгаз* – массовый расход газа, *кг/ч*

*ς= ς +α·(Т1-20) кг/л* [5]

*α* – температурная поправка

*ς* – плотность при температуре процесса, *кг/м3*

*ς* – плотность при 20 0С, *кг/м*

Энтальпии потоков газа определяется по формуле:

*Ht= (582-263,4· ς )+(1,916-0,599· ς )·t+(0,002106-0,0002394· ς )·t2-146,54·(1- ς )3* [5]

Энтальпия входящего газа:

*Ht=1 кДж/кг*

*Qвход+Qвыдел =Qвыхода*

*Qвход= Ht · Gгаза*

*Qвыдел =с поглощения·Gпоглощенной* воды

Теплота поглощения у обоих цеолитов  *кДж/кг*

 Таблица №6.

 тепловой баланс.

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование |  |
| Тепло входящего газа |  |
| Тепло выделившееся в процессе адсорбции |  |
| Тепло выходящего газа |  |

**Литература**

1. Жданов Н.В., Халиф А.Л. “Осушка углеводородных газов” – М.:Химия,1984. – 192 с.,ил.
2. А.М. Чуракаев “Газоперерабатывающие заводы. Технологические процессы и установки.” – Химия 1971.
3. Гриценко А.И., Александров И.А., Галанин И.А. “Физические методы переработки и использование газа.” Учебное пособие. М, Недра, 1981, 224с.
4. Регламент установки “осушка и отбензинивание газа” Астраханского газаперерабатывающего завода.
5. Осинина О.Г. “Определение физико-технических и тепловых характеристик нефтепродуктов, углеводородов и некоторых газов.” М. 1986. Части 1,2.
6. “Основные процессы и аппараты химической технологии.” пособие по проектированию, под редакцией Ю.А. Дытнерского. – М.: Химия, 1983. – 272 с., ил.
7. Мановян А.К. “Технология первичной переработки нефти и природного газа.” учебное пособие для вузов – М.: Химия, 1999.-568с.: ил.
8. Лапидус А.Л., Голубева И.А., Жагфаров Ф.Г. Газохимия. Часть I и II. Учебное пособие. М: 2004 г. – 242 с., 218 с.
9. Лапидус А.Л., Голубева И.А., Жагфаров Ф.Г. Газохимия. Учебное пособие. М: 2008. – 450 с.