

Казанский Федеральный Университет
Кафедра технологии нефти, газа и углеродных материалов
Kazan Federal University,
Department of oil & gas technology and carbon materials
Российское газовое общество
Russian Gas Society

Подготовка природных газов. Очистка и осушка. Часть 2.

Preparation of natural gases. Cleaning and drying. Part 2

Ахмед Али Джамиль Ахмед, Ahmed Ali Jameel Ahmed

Кемалов Руслан Алимович, Kemalov Ruslan Alimovich

бакалавр кафедры технологии нефти, газа и углеродных материалов
кандидат технических наук, доцент кафедры технологии нефти, газа и углеродных
материалов, Член Экспертного совета Российского газового общества (РГО), и.о.
руководителя группы «Водородная и альтернативная РГО, профессор РАЕ

Казань, Россия

E-mail: kemalov@mail.ru

Аннотация: Цель данной работы: изучить подготовку природных газов, рассмотреть их очистку и осушку. Задачи данной работы: 1. Изучить технологический раздел; 2. Рассмотреть способы осушки; 3. Разобрать контрольно-измерительные приборы и автоматизация процесса; 4. Изучить генеральный план установки осушки газа; 5. Рассмотреть технику безопасности и охрана труда; 6. Рассмотреть раздел охраны окружающей среды; 7. Проанализировать экономический раздел.

Abstract: The purpose of this work: to study the preparation of natural gases, consider their purification and drying. The objectives of this work: 1. To study the technological section; 2. Consider drying methods; 3. Disassemble instrumentation and process automation; 4. Study the master plan of the gas dehydration unit; 5. Consider safety and labor protection; 6. Consider the environmental protection section; 7. Analyze the economic section.

Ключевые слова: газ, очистка, осушка, абсорбционный, хемосорбционный.

Keywords: gas, cleaning, drying, absorption, chemisorption.

Введение (Introduction)

Топливо - энергетический комплекс тесно связан со всей промышленностью страны. На его развитие тратится более 20% средств. На долю топливно-энергетического комплекса приходится 30% основных фондов и 30% стоимости промышленной продукции в России. Она использует 10% продукции машиностроительного комплекса, 12% продукции металлургии, потребляет 2/3 труб в стране, обеспечивает более половины экспорта Российской Федерации и значительное количество сырья для химической промышленности. Его доля в перевозках составляет 1/3 всех грузов железнодорожным транспортом, половину морского транспорта и все перевозки трубопроводным транспортом.

Топливо - энергетический комплекс выполняет большую региональную образовательную функцию. Это напрямую связано с благосостоянием всех российских граждан, такими проблемами, как безработица и инфляция.

Наибольшее значение в топливной промышленности страны принадлежит трем отраслям: нефтяной, газовой и угольной.

Современное экономическое значение переработки нефти и газа особенно велико. Нефть и газ являются уникальными и исключительно минеральными ресурсами. Продукты их переработки используются практически во всех отраслях промышленности, на всех видах транспорта, в военном и гражданском строительстве, сельском хозяйстве, энергетике, в быту и др. Значение углеводородных газов, ароматических углеводородов, жидких и твердых парафинов и других продуктов, выделяемых из нефти для дальнейшей химической переработки, огромно.

Переработка газа осуществляется на газоперерабатывающих заводах. Однако они используют только около 60% наиболее ценного

нефтехимического сырья, добываемого с нефтью, остальное сжигается на факелах, что объясняется отставанием в вводе в эксплуатацию газоперерабатывающих заводов, недостаточными темпами строительства газокомпрессорных станций и сетей сбора газа на нефтяных месторождениях.

Строятся компрессорные станции для подготовки газа с нефтяных месторождений к последующей транспортировке на газоперерабатывающий завод. На компрессорной станции нефтяной газ сжимается, сушится и транспортируется на газоперерабатывающие заводы.

Выбор метода газовой сушки зависит от состава сырья и требований к конечному продукту. Подготовленный газ (природный или нефтяной) должен соответствовать требованиям ГОСТ 5542-87 "Природные горючие газы промышленного и коммунального назначения" при использовании в качестве сырья и топлива или ГОСТ 51.40-92 "Горючие природные газы, подаваемые и транспортируемые по магистральным газопроводам" при его подаче в магистральный газопровод.

Способы осушки

1. Абсорбционный метод. Жидкостная абсорбция применяется с целью очистки газов от следующих примесей:

- сероводород;
- диоксид серы;
- летучие растворители, фенол, формальдегид.
- пары кислот;
- оксиды азота;
- диоксид и оксид углерода.

При абсорбции очистка и осушка газового потока предполагает поглощение примесей за счет межмолекулярного взаимодействия газа и жидкости. При отсутствии внешних признаков протекающих процессов, достижение желаемого результата обеспечивается балансом газовой и жидкой фазы.

Интенсивность, с которой жидкость поглощает примеси из газового

потока, зависит от:

а) степени диффузии выделяемых из газового потока веществ, при контакте с поглотителем;

б) скорости перехода примесей газового потока в жидкостный поглотитель;

в) скорости и интенсивности химреакции, если она происходит.

Этот метод применяется и для отбора из подготавливаемого для дальнейшего использования (транспортировки) газового потока элементов, имеющих определенную ценность, а также используется в технологическом процессе. К примеру, для поглощения вредных и опасных веществ в выхлопном газе транспортных средств в ходе его очистки.

Абсорбционная очистка доказала свою эффективность при работе с газовым потоком, в котором доля примесей не больше 1% (об.). При таком содержании примесей процесс работает лишь при условии превышения уровня парциального давления поглощаемого компонента в газовом потоке уровня, которое имеет равновесное давление над подготовленным поглотителем. В такой ситуации максимально возможная очистка и осушка газовой среды достигается лишь при использовании противотока. При этом, в установку подается чистый абсорбент, без поглощаемого вещества.

Физическое и химическое поглощение.

Используемые методы абсорбционной очистки разделяются по принципу поглощения. Поглощение примесей на основании физических законов, исключает химическую реакцию между молекулами. В принципе, такое деление на физические и химические процессы при очистке и осушке газов, является достаточно условным, поскольку это сложный физико-химический процесс.

Любое вещество, находящееся в жидкой фазе, может использоваться, как абсорбент. Главное, чтобы извлекаемая из газового потока примесь хорошо растворялась в поглотителе. Но это в теории, для промышленного производства такой подход в выборе абсорбента не подходит. Применяемые для очистки/осушки газов абсорбенты:

- обладают высокой поглощающей способностью;
- избирательностью в отношении поглощаемых веществ;
- стабильностью термохимических процессов;
- минимальной летучестью;
- низкой себестоимостью;
- высокой текучестью, что способствует быстрому и полному перемешиванию сред;

- характеризуются отсутствием способности оказывать коррозионное воздействие на конструктивные элементы оборудования.

Универсального абсорбента, соответствующего всем вышеперечисленным требованиям и способным извлекать из газового потока все примеси, не существует. Выбор вещества, в качестве абсорбента, осуществляется в зависимости от состава очищаемого газа, полноты поглощения их выбранной жидкостью.

При использовании метода очистки, основанного на физическом поглощении, абсорбентом чаще всего является вода. Не редко используется определенный вид минерального масла либо растворитель.

Поглотители в химической абсорбции представлены на рисунке 1.

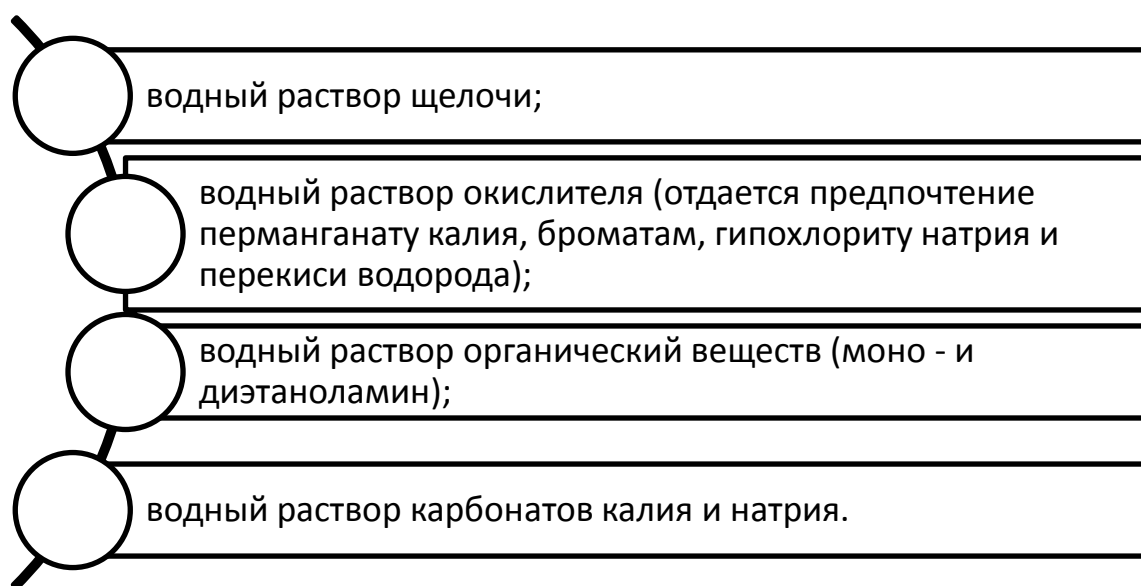


Рисунок 1 - Поглотители в химической абсорбции

В первую очередь, на подбор вещества, которое будет использоваться как абсорбент, влияет способность извлекаемых из газа сторонних элементов поглощаться жидкостью.

Применение абсорбционных методов очистки.

Использование абсорбционного метода для очистки является циклическим и непрерывно протекающим процессом, поскольку после процесса поглощения извлекаемых компонентов, водный раствор абсорбента регенерируется с последующим использованием в следующем цикле очистки.

Широкое использование метода абсорбции в работе газоперерабатывающих предприятий обусловлено интенсивностью процесса поглощения, что позволяет проектировать и устанавливать мощные установки для очистки и осушки природного и попутного нефтяного газов. Этот метод дает возможность очищать газовые смеси от вредных газов, мелкодисперсных твердых веществ, не допуская попадания пыли в оборудование или помещения, где работают люди. Кроме того, метод абсорбции хорошо изучен, давно применяется в самых разнообразных отраслях промышленности, в первую очередь там, где используются химические технологии.

Осушка газов абсорбционным методом - преимущества и недостатки

Несмотря на достаточную универсальность и широкое распространение, абсорбционные методы очистки и осушки газовых потоков имеют существенные недостатки. В частности это достаточно «капризные» и затратные технологии; необходимое для высокой производительности оборудование отличается громоздкостью; несмотря на низкую способность к образованию коррозии, внутри оборудования образуются твердые отложения, что затрудняет работу персонала, снижает производительность.

Несмотря на вышеизложенные недостатки этого метода, эти технологии продолжают широко использоваться для очистки и осушки газов. Простое оборудование, пусть и громоздкое, поглощение не только воды, газов, но и твердых частиц, обуславливают продолжение применения абсорбционных технологий в работе газоперерабатывающих заводов.

2 Адсорбционный и хемосорбционный метод

Основанные на адсорбции технологические решения для очистки и осушки газов используются для газового потока с низкой концентрацией примесей, находящихся в парообразном или газообразном состоянии. Однако такие методы подтвердили свою эффективность работе в средах с повышенной температурой, что является несомненным их преимуществом.

Адсорбентом называется компонент, вносимый в очищаемую газовую среду. Это же вещество называется адсорбатом, если оно находится в адсорбированном состоянии.

Поглощение компонентов из окружающей среды жидкостью либо твердым телом с образованием, при этом, химических соединений, называется хемосорбцией (физико-химическая адсорбция). В процессе физической адсорбции поглощенные газообразные примеси удерживаются за счет сил межмолекулярного и межатомного взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса), а хемосорбция предполагает протекание химических реакций, связывающих извлекаемые примеси.

Адсорбентами выступают материалы с высокой пористостью и огромной внутренней поверхностью. Они могут иметь и природное происхождение, и быть созданы искусственно, химическим синтезом.

В наиболее широко используемых для промышленных нужд адсорбентах внутреннюю поверхность отличает наличие пор и пустот разнообразной формы и размеров (макро-, мезо-, микро). Общий объем этих внутренних поверхностей в массовой (объемной) единице адсорбента определяет и интенсивность (скорость) поглощения определенного компонента в газовом потоке, и способность твердого адсорбента к поглощению определенного объема примесей.

Обычно, объем микропор составляет порядка 0,5 см³/г. Размер условно ограничен так называемым эффективным радиусом гэф, с величиной ГЭФ=1,5*10⁻⁹. Этот показатель соизмерим с гэф молекул, адсорбированных в ходе очистки газа. Молекулы примесей заполняют эти внутренние полости (микропоры).

У переходных пор (мезо-) эффективный радиус имеет величину, которая находится в пределах от $1,5 \cdot 10^{-9}$ до $2 \cdot 10^{-7}$ м. В таких адсорбентах возможно образование не только слоистой моно адсорбции, но и полимолекулярной.

В переходных порах внутренний объем полностью заполняется благодаря возникающей капиллярной конденсации. Этот механизм поглощения проявляется при понижении давления адсорбируемого газа за счет проявления капиллярных сил. Доля поверхности переходных пор в применяемых промышленностью адсорбентах, находится в пределах $10 — 400 \text{ м}^2/\text{г}$.

У макропор, имеющих в используемых промышленностью адсорбентах, эффективные размеры радиуса имеют величины, превышающие $2 \cdot 10^{-7}$ м. Доля площади поверхности макропор составляет всего $0,5 - 2 \text{ м}^2/\text{г}$, что изначально ограничивает и интенсивность адсорбции, и объем поглощаемого компонента. У макропор нет капиллярной конденсации.

Макро- и мезопоры можно назвать своеобразными путями, которые обеспечивают доступ адсорбируемых молекул к внутренней поверхности, создаваемой микропорами в ходе адсорбции. Они также служат для вывода ранее поглощенных компонентов в ходе регенерации адсорбента.

К основным типам адсорбентов, нашедшим применение в промышленном производстве, относятся смешанно-пористые вещества. По размерам пор, которые преобладают в их структуре, они разделяются на микропористые, мезопористые (переходные), макропористые.

Пористые адсорбенты различаются по значениям истинной, кажущейся, гравиметрической плотностей. Истинная плотность ρ_i - это масса единицы объема плотного, не имеющего пор адсорбирующего материала:

- где G – это масса адсорбента;
- V_1 — объем материала, имеющего адсорбирующие свойства, с учетом пор;
- V_2 – объем внутренней поверхности, образуемой порами.

Кажущаяся плотность (ρ_c) - это масса гранулы материала со свойствами адсорбента, связанная с объемом (насыпная плотность). Этот показатель демонстрирует массу единицы объема слоя гранул с адсорбирующими свойствами. Гравиметрическая и кажущаяся плотности зависят от пористости

слоя адсорбента ϵ , которая демонстрирует долю свободного объема слоя. Это выражается соотношением

$$\rho_n = (1 - \epsilon) \rho_k. \quad (1)$$

Следовательно,

$$\epsilon = 1 - \rho_n / \rho_k. \quad (2)$$

Аналогично определяется и пористость ϵ' гранул используемого адсорбента.

$$\epsilon' = 1 - \rho_k / \rho_i, \quad (3)$$

где ρ_i – это истинная плотность адсорбента, кг/м^3 .

Уровень пористости слоя гранул со свойствами адсорбента определяется их формой и характером их размещения в слое. Примечательно, что у гранул промышленных адсорбентов форма чаще всего не сферическая. При расчетах, поэтому, применяется значение эквивалентного диаметра $d_э$

$$d_э = 6 / S_v \quad (4)$$

где S_v – это удельная геометрическая поверхность единичного объема адсорбента, отношение размера поверхности гранулированного материала к их объему V' .

К основным типам адсорбентов, используемым в промышленном производстве, относятся:

- пористые вещества, в основном состоящие из углерода;
- ряд силикагелей, хорошо поглощающих влагу;
- ряд алюмогелей (аморфный оксид алюминия)
- цеолиты (алюмосиликаты кальция и натрия) и органические ионообменные смолы (иониты).

Адсорбенты, в основном состоящие из углеродов, получившие название активных углей, характеризует гидрофобность (плохо адсорбируется вода и полярные вещества). Благодаря этому их широко используют для очистки отводящих газов разной влажности.

«Активные угли» применяются для очистки газовых и паровых сред. В настоящее время для этих целей выпускаются ряд газовых и рекуперативных адсорбентов на основе углерода, следующих марок:

1. AG-2 (марки А и В) и AR (марки AR-A, AR-B, AR-B), получаемые из угольной пыли и смол путем парагазовой активации.
2. Марку SKT синтезируют из торфа, активные угли SKT-3 и ART (марки ART-1 и ART-2) синтезируют на основе торфа с добавлением угольной пыли, используя химическую активацию.
3. Адсорбенты на основе углерода AG-2 применяются для очистки газов путем адсорбции примесей.
4. «Углеродные» адсорбенты SKT применяются в промышленных масштабах для поглощения паров углеводородов и их производных (органические вещества).
5. «Активные угли» AR, SKT-3 и ART применяются для поглощения в газовом потоке паров ингалянтов (летучие растворители).

Вышеперечисленные адсорбенты, именуемые активными углями, применяемые в технологиях газоочистки, имеют похожие характеристики (рис 2).

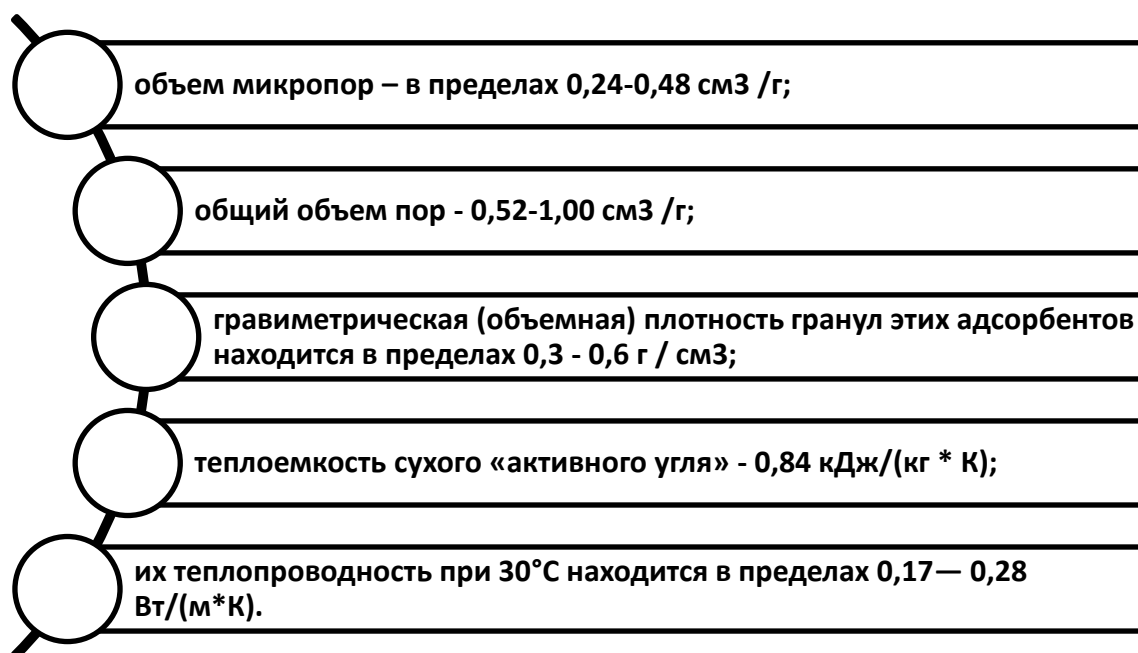


Рисунок 2 – Характеристики активного угля, применяемые в технологиях газоочистки

«Активный уголь», независимо от конкретной марки, выпускается в форме цилиндрических гранул, диаметр которых составляет 1-6 мм. Длина

гранул – превышает их поперечный размер. Этот вид адсорбентов применяется в основном как неподвижный слой, сквозь который направляется очищаемый газовый поток. По действующим стандартам и технологическим условиям диаметр гранул из углерода должен находиться в определенных пределах. Это иногда требует дополнительной технологической операции для интенсификации процесса адсорбции – перед началом гранулы подвергаются измельчению, после чего их разделяют по размерам, используя в производстве необходимые фракции. При массе достоинств, эти адсорбенты имеют недостаточную механическую прочность. У них также имеется способность воспламеняться, что требуется учитывать при организации работы.

Промышленность проявляет все больший интерес к применению в сфере очистки газовых сред и потоков ранее неиспользовавшихся углеродных адсорбентов, таких, как:

- «активный уголь» из химических высокомолекулярных соединений, состоящих из большого числа одинаковых маломолекулярных мономеров (полимерные материалы);
- «активный уголь» со специальным сорбентом естественного либо искусственного происхождения (молекулярное сито);
- активированное углеродное волокно.

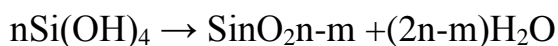
Образованные из полимеров активные соединения на основе углерода, отличает наличие развитой системы микропор, диаметр которых находится в пределах $(1-1,5) \cdot 10^{-9}$ м. У них более регулярная структура, обеспечивающая повышение прочности материала и адсорбционной активности при низком содержании целевого компонента в очищаемых газовых средах.

Адсорбент на основе углерода, имеющий молекулярное сито, отличает высокая однородность микропористой структуры. Размер микропор находится в достаточно узких границах - $(0,4-0,7) \cdot 10^{-9}$ м, что определяет перспективное направление их использование. Такая структура позволяет эффективно очищать влажные газы без предварительной подготовки.

Активированное углеродное волокно представляет из себя химические либо натуральные волокна с атомами углерода, что позволяет придавать материалу

разную форму – листы, рулоны, нетканый материал, ткань. Благодаря этому нет ограничений по форме аппаратного применения адсорбента в процессе очистки газов. Высокая термохимическая стойкость и уникальные адсорбционные характеристики, дополняются способностью к фильтрованию, повышенной интенсивностью адсорбционных процессов и десорбции, что обусловлено минимальным диаметром волокон с атомами углерода $(0,6-1,0) \cdot 10^{-5}$ м.

Силикагели, представляющие собой высушенный гель, образованный из пересыщенных растворов кремниевых кислот ($n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$) при $\text{pH} > 5-6$, являются соединениями непостоянного состава, преобразующимися по механизму поликонденсации.

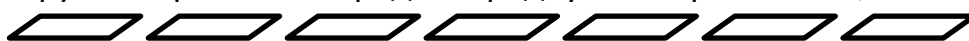


Переход молекул мономера в полимерное состояние (процесс поликонденсации) сопровождается образованием структурированной сетки из частиц сферической формы размером $(2 \cdot 10^{-9} - 2 \cdot 10^{-8})$ м), сохраняющейся при высушивании геля пересыщенного раствора кремниевой кислоты, образующей структурированный и устойчивый каркас, что и обуславливает высокую пористость структуры силикагеля.

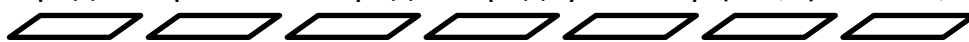
Для промышленного производства силикагелей применяется способ преципитации аморфной формы соединений кремния с кислородом из щелочных солей кремниевых кислот. Силикагели обычно имеют форму шариков, частиц неправильной формы либо таблеток. Размер зерен находится в пределах от 0,1 до 7,0 мм. Адсорбционно-химические характеристики силикагелей зависят от присутствия на поверхности групп $\equiv \text{Si-OH}$.

Типы пористой структуры силикагели представлены на рисунке 3.

крупнопористые со средним радиусом пор $5 \cdot 10^{-9}$ м;



среднепористые со средним радиусом пор $(5-1,5) \cdot 10^{-9}$ м;



мелкопористые со средним радиусом пор $(1,5-1,0) \cdot 10^{-9}$ м.



Рисунок 3 - Типы пористой структуры силикагели

По внешнему виду – это либо кусковые, либо гранулоподобные материалы. В зависимости от размера такой силикагель делится:

1. Кусковой - на 4 марки:

- от 7,0 до 2,7 мм;
- от 3,5 до 1,5 мм;
- от 2,0 до 0,25 мм;
- от 0,5 до 0,2 мм.

2. Гранулированный – на 2 марки:

- от 7,0 до 2,7 мм;
- от 3,5 до 1,0 мм.

Для обозначения этого адсорбционного материала используются буквенные сочетания

- КСК — крупные силикагели крупнопористые;
- КСС — крупные силикагели среднепористые;
- МСМ — мелкие силикагели мелкопористые.

Силикагели средних фракций называют шихтой, обозначая SHSK, SHSS и SHSM. Примечательно, что для предотвращения растрескивания гранул силикагелей в мелкопористый материал вводят специальную добавку - от 4% до 10% Al_2O_3 .

Общий объем пор у силикагеля находится в пределах 0,3-1,2 $см^3/г$, удельная поверхность в границах 300-750 $м^2/г$, гравиметрическая плотность - от 0,4 до 0,9 $г/см^3$.

Гравиметрическую плотность можно считать косвенной характеристикой пористости силикагелей:

- у мелкопористых – этот показатель находится в пределах 0,7-0,8 $г/см^3$;
- у крупнопористых – в пределах от 0,4 до 0,5 $г/см^3$.

Способность к поглощению силикагелями теплоты - 0,92 $кДж/(кг\cdot K)$, а способность проводить тепло при 30°C - 0,11 $кДж/(м^2\cdot ч\cdot K)$.

Силикагели применяются в технологических процессах, при которых необходимо поглощение соединений с молекулами, обладающими

электрическим дипольным моментом. Для поглощения примесей в газах, легко поддающихся конденсации, применяются мелкопористые силикагели. Для эффективного поглощения органических паров применяются крупнопористые и иногда среднепористые силикагели. Этот адсорбент нашел широкое применение в осушке разнообразных газовых потоков. Силикагелям свойственна негорючесть, низкий температурный режим восстановления адсорбционных свойств (от 110 до 200°C), достаточная стойкость к механическим повреждениям. Однако, под воздействием даже капель воды - они разрушаются, что рекомендуется учитывать при выборе адсорбционного материала для очистки газовых потоков.

3. Контрольно-измерительные приборы и автоматизация процесса

Автоматизация технологического процесса подготовки газовых сред для дальнейшего использования, предполагает создание системы устройств (технических приспособлений), позволяющей обеспечивать поддержание определенного технологического режима при контроле со стороны персонала, обслуживающего установку очистки. Благодаря автоматизации газоразделения, обеспечивается выход продукции заданного качества. Это способствует росту производительности труда и снижению себестоимости продукта при требуемом уровне безопасности труда.

Параметрами осушки газа, которые требуется регулировать, являются:

- температурный режим, при котором осуществляется процесс;
- показатель давление в ректификационной колонне;
- расход адсорбентов;
- температурные показатели оросительного потока.

Принципиальная схема автоматической корректировки основных параметров, влияющих на процесс осушки газа.

Измерения температуры в комплексе оборудования по осушке газа проводится с использованием:

1. Термопары - это термоэлектрический преобразователь, состоящий из 2 проводников из разных металлов, предварительно соединенных на одном конце, формирующее устройство измерения температуры на основе термоэлектрического эффекта. Принцип действия основан на способности разных металлов создавать, при соединении, термоэлектродвижущую силу (ТАД). Сила термо-ЭДС определяется выбранными для проводников металлами. Термопара устанавливается в специальном кармане прибора, соединяясь проводами с индикаторами.

2. Манометрический термометр демонстрирует температурный режим процесса на основании давления газовой среды (пара) в замкнутой системе. Они могут быть и индикаторными, и дополнены средствами фиксации температурных колебаний. Изменение давления в рабочей среде приводит к деформации пружинного механизма манометра, перемещающего стрелку или записывающий регистратор устройства.

Измерение давления внутри системы очистки (установки) производится манометрами, которые подразделяются на приборы для фиксации избыточного давления, уровня вакуума, колебаний давления.

Расходомер, как и счетчик, необходим для замера интенсивности технологического потока. Расходомер измеряет жидкостный или газовый поток в четко определенное время. Счетчик – позволяет определить общую массу (объем) вещества, запущенного в производственный процесс, за определенный временной промежуток.

Для количественного контроля, подаваемого в установку потока газообразной среды, применяется ротационный счетчик. В корпус устройства интегрированы гладкие овальные роторы, помещенные на двух параллельных осях, контактирующие и с поверхностью корпуса, и между собой.

Выбор средств контроля хода очистки (осушки) газа должен обеспечиваться точность показателей и гарантировать низкую стоимость приобретения и надежность в эксплуатации.

Устройства должны иметь хорошо различаемую шкалу, средства самозаписи показателей. При их установке на оборудовании – они должны

быть хорошо видимы обслуживающему работу комплекса персоналу. Выбирая устройства для управления процессами в установке по очистке газа, требуется учитывать уровень их пожарной и взрывобезопасности. Работа с газовыми смесями предусматривает использование пневматических систем передачи показаний индикаторов и счетчиков.

Регулирующие клапаны должны быть адаптированы для работы с различными средами, при возможности менять условия эксплуатации и мощность газового потока.

3.1 Выбор и обоснование параметров процесса

Система управления технологическими процессами, включающая в себя возможность автоматизации, представляет собой комплекс средств, в который входят ряд контрольно-проверочных функций:

- мониторинг технологической цепочки для выявления узких мест;
- лабораторный анализ качества продукции и атмосферы в производственных цехах и на открытом воздухе;
- регулирование технологических процессов с применением измерительных приборов;
- мониторинг уровня загрязненности окружающей среды (внутри производственных зданий и на улице);
- монтаж автоматических анализаторов воздуха и газа;
- установка автоматизированных систем контроля и блокировки.

Температурный режим в работающей установке корректируется контроллером TRCANL-330041, управляющим вентилем TV-330041.

Подача жидкостной фазы для проведения процесса очистки газового потока осуществляется с помощью регулятора LICANL-330046, управляющего вентилем LV-330046.

Объем жидкого абсорбента, подаваемого в нижнюю часть газосепаратора, устанавливается с помощью регулятора LICANNL-330028, имеющего две позиции (включить/выключить). Регулятор запускает в работу вентиль LV-330028 при превышении либо снижении объема поглотителя, необходимого для очистки.

Вывод абсорбента (гликоль) осуществляется с помощью гидрорегулятора LICANL-330023, управляющего вентилем LV-330023, установленном в верхней части установки.

Объем поглотителя в самой колонне контролируется гидрорегулятором LICANL-330002, управляющим вентилем LV-330002 (находится на высоте эвакуации абсорбента) для слива поглотителя в емкость с гликолем, насыщенным примесями из газового потока.

Интенсивность газового потока, подаваемого установку, управляется газорегуляторами FICAL-330016, FICAL-330001 и FICAL-330002, регулирующими вентилями FV-330016, FV-330001 и FV-330002.

Дифференциальные манометры PDIAN-330014, 330001 и 330002 фиксируют изменения показателей во всех трех секциях установки.

Объем отсепарированного газа корректируется газорегулятором LICANL-330007, управляющим вентилем LV-330007, находящимся на уровне слива использованного абсорбента (в нашем случае гликоль) из установки. Этот параметр также контролируется специальным коммутационным аппаратом LSAHH-330082, который при превышении уровня автоматически открывает второй вентиль LV-330082 – либо на 20 с, либо до восстановления нормального уровня в соответствии с техническими условиями.

В качестве резервного, установлен газорегулятор PIC-330086, управляющий вентилем PV-330086, выпускающий очищенный газ, обычно срабатывающий на сигнал, который подает анализатор QRAH – 330003.

После того, как завершается процесс регенерации гликоля, он подается в установку, интенсивность подачи поглотителя корректируется гидрорегулятором FV-330008, управляющий вентилем FV-330008.

Уровень давления в емкостях К-1 и Е-1 регулируется газорегулятором PICAN-330006, управляющим вентилем PV-330006, находящемся на газовой трубе, выходящей из К-1. Давление внутри установки регулируется также за счет изменения интенсивности газового потока, подаваемого в систему очистки. После очистки, газ покидает колонну через верхнюю ее часть, поступает в сепаратор.

3.2 Выбор и обоснование комплекса технологических средств

Безаварийное управление установками газоочистки осуществляется в современных условиях путем внедрения в производство распределенных многоуровневых систем, осуществляющих управление с помощью программно-аппаратных решений известных мировых производителей:

- Honeywell и Modicon;
- Alan Bredly, Rosemount Fisher, Wika.

HPM сотрудничает с DI, DI SOE, DO, HLAI, LLAI, AO, LLMUX, PI, SDI, SI и STI.

RM – приложение, позволяющее управлять менеджером процессов;
APM – приложение с расширенным функционалом.

Процесс Honeywell.

С помощью мнемосхем, таблиц на электронном носителе или иных утилит, каждому пользователю доступны данные LCN в онлайн-режиме

Базовый компонент TPS-системы, функционирующий в линейке Windows NT, подключается к производственной локальной сети завода (PIN) и сети рабочих станций Honeywell real-time management (LCN), используемых для вычисления. Архитектура GUS выстроена на основании стандартов Microsoft Desktop, но фактически представляет из себя инновационный образец интерфейса для контроля и управления производственными процессами. Один GUS может активировать до 4-х мнемосфер.

GUS включает в себя:

LCNP, управляющий ОС Honeywell - RNOS в онлайн-режиме;

Центральное процессорное устройство рабочей машины, управляющей ОС Windows NT, комплексом программных решений для управления функционированием GUS, дополнительными утилитами, выводя на дисплей необходимую информацию. GUS бесконфликтно взаимодействует с ПО LCN R510 и выше.

3.3 Технология контроля и управления

Для постоянного управления технологическими процессами на предприятии:

- регулярный мониторинг осуществляемых на производстве технологических процессов;
- реализация лабораторией качества своих контрольных функций;
- регулярная проверка воздушной среды в внутри строений и возле оборудования по газоочистке.

Основными направлениями производственной деятельности предприятия являются – нефте- и газодобыча, генерация электроэнергии, доведение получаемого побочного продукта (воды) до соответствующих норм и получение серы из газа. Для каждого из этих направлений в системе управления предприятием есть свой блок. Все они управляются через центральную диспетчерскую CCR (Central Control Room), обеспечивая реализацию производственно-управленческих решений.

Оператор через свое устройство интерактивного ввода/вывода команд взаимодействует через LCN (Локальная система управления) к нижестоящим Универсальным управленческим системам UCN, воспользовавшись Модулем интерфейса корпоративной сети NIM.

Функционирующие с высокой производительностью High-Performance Process Manager и работающие по определенной программе контроллеры FSC (File System Controller), подключаются к Универсальной системе управления, обеспечивающей связь с первичными преобразователями и исполнительными механизмами.

Локальные сети управления LCN объединены между собой через шлюзы NG (Network Gateway). Благодаря этому оператор получает контроль над всеми процессами, но ему доступно управление только своим. Вся система подключена к сети, охватывающей весь завод – PCN-сеть, которая через Глобальную пользовательскую станцию GUS, подключена к всемирной паутине. Пользователь, имеющий необходимый уровень доступа, может через Персональную компьютерную сеть завода (PCN-сеть), может мониторить все ход всех технологических процессов, используя любое, подключенное к PCN-сети устройство. При соответствующем доступе они может и управлять производственными процессами.

Основой Honeywell TPS является система по управлению технологическими процессами, на основе технологии, занимающаяся сбором и хранением данных, связанных с производственной деятельностью предприятия. Применение токенов гарантирует необходимый уровень взаимодействия с подключением только определенных и идентифицированных рабочих станций, прикладных модулей, средств коммуникации, шлюзов ПЛК и модулей обработки информации.

Система реализации управленческих решений через токен-шину «Honeywell2 гарантирует устойчивую коммуникацию между менеджерами процессов (PM) и:

- продвинутыми (APM);
- высокоскоростными (NPM);
- менеджерами логики (LM) и безопасности (SM).

Процесс построен на архитектуре ПО, предполагающем простое добавление либо замену компонентов. Используемый в производстве открытый тип компьютерной архитектуры – обеспечивает скорость передачи данных 5 Мбит/с. Кольцевая система ретрансляции разработана на основе стандартов SHEE и ISO, а использование резервных коаксиальных кабелей позволяет дополнительно подключить 32 устройства.

NPM – это контроллер Универсальной системы управления процессами UCN. У высокоскоростного менеджера процессов расширенный функционал обработки, имеются высокоплотные модули ввода/вывода и процессоры Motorola 68040.

Для обеспечения высокоскоростного управления выделены специальные процессорные устройства, с заранее определенной схемой подключения к портам и другим UCN предприятия. Высокопроизводительному менеджеру процессов доступны все необходимые аппаратные решения (HPMM, JR, RTA, каналы ввода-вывода), что обеспечивает управление и сбор информации. Программное решение R500 поддерживает работоспособность NPM, обеспечивающей выполнение функций, которые представлены на рисунке 4.

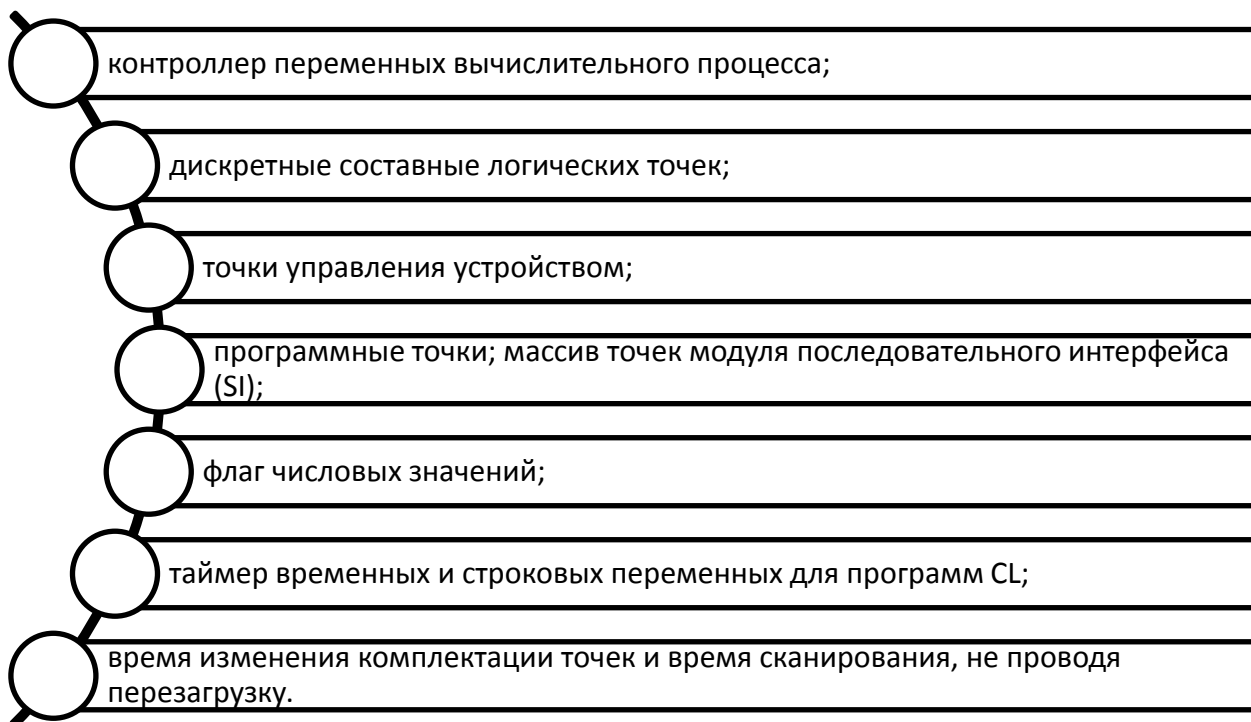


Рисунок 4 – Функции НРМ

НРМ работает со следующими типами юридических лиц: DI, DI SOE, DO, HLAI, LLAI, AO, LLMUX, PI, SDI, SI и STI.

4. Генеральный план установки осушки газа

Производительность, безопасность и безубыточность процесса осушки газа зависит не только от работоспособности отдельного оборудования, но и от локализации их на территории. Это необходимо учитывать проектируя монтаж нескольких установок в границах определенного участка.

В этом случае следует придерживаться следующих правил:

- расстояние между установками для очистки газа должно быть не меньше норм противопожарной безопасности;
- дистанция должна соответствовать стандартам ПТУСП-02-62;
- необходимо учесть, что могут потребоваться ремонтные работы с применением современной спецтехники;
- для сокращения гидравлических потерь и металлоемкостей, длина трубопроводов должна быть минимальной.

5. Раздел охраны окружающей среды

В наше время существует множество глобальных проблем. В том числе в них входит защита окружающей среды. В большей степени чистота среды, которая нас окружает, зависит от развития предприятий, которые выбрасывают вредоносные отходы в природу.

Данные предприятия используют больше половины элементов из таблицы Менделеева, причем часть из них являются токсичными как для животных, так и для самих людей.

Большинство ученых считают, что промышленные отходы, которые содержат диоксид водорода, грозят ухудшению окружающей среде, а также качеству жизни людей в дальнейшем.

Стоит отметить, что количество данных отходов с каждым годом лишь растет. Именно из-за этого все государства должны осуществлять контроль над количеством выбросов промышленного мусора.

Одной из главных проблем в защите природы от загрязнений является защита водоемов и океанов. Для улучшения положения в состоянии окружающей среды, корпорации и государства должны начать чаще очищать водные источники, а также использовать эту переработанную воду в дальнейшем.

Как показывает статистика, объекты, которые занимаются переработкой газов, производят намного меньше, чем другие перерабатывающие промышленности. Но именно данные предприятия выбрасывают больше всего токсичных веществ.

Газоперерабатывающие промышленности отличаются не только масштабами выбросов, но и их непредсказуемым воздействием на человека и природу.

Если корпорации прекратят использовать чистую воду и начнут пользоваться переработанной повторно, то исчезнет потребность все большего использования пресного источника воды. В промышленности, которая занимается переработкой газа, вода является важной и одной из основных частей данной сферы.

Ее могут использовать как вакуум, растворитель, а также для нагревания и охлаждения. В основном используют фильтрованную, речную и воду без минералов. В промышленности, где занимаются переработкой газов и нефти могут использовать множество систем снабжения воды. К ним можно отнести прямоточные, последовательные, а также обратные.

Данные методы можно объединять между собой и сочетать в разных комбинациях. В сферах, которые занимаются переработкой газов, зачастую можно встретить комбинацию этих типов, а также систематизированный тип: множество потоков воды, которые собираются с конкретного завода.

Именно сточная вода зачастую используется в предприятиях, основной сферой которого является использование химии. Такую воду направляют через специальную структурированную схему. Такая вода часто содержит в себе множество веществ, поэтому ее смешивают с бытовой водой, которая позже отправляется на несколько этапов очистки.

Кроме загрязненной воды, актуальным остается загрязнение воздуха. Из-за деятельности предприятий, использования бензина, а также сжигание газов приводят к загрязнению окружающей среды.

Чтобы избегать еще большего увеличения загрязнений в окружающей среде, корпорациям необходимо уменьшить использование ядовитых газов, а также максимально сократить использование нефти. Помимо этого, стоит постоянно обновлять оборудование на более новое, надежное и экологичное. Газы, которые используют в промышленности делят на организованный и неорганизованный.

Для того, чтобы фирмы не загрязняли окружающую среду, периодически проходят проверки, в которых исследуются сам источник, который был загрязнен. Правоохранительные органы проверяют непосредственно установки, их качество. Также проверку проходят сооружения и техника, функцией которой является очистка отходов. Помимо этого, проводят мероприятия, связанные с уменьшением выбросов в воздушное и водное пространство.

Данные проверки могут помочь контролировать экологическую ситуацию в стране, а также показывает само ее состояние и уровень загрязнения. Эти проверки помогают в определении людей, виновных в конкретных происшествиях.

Чтобы бороться с загрязнением окружающей среды, кроме проверок были введены безотходные технологии, которые значительно уменьшают количество вреда, который идет от предприятий. Они подразумевают под собой особые технологии, во время производства (от начала и до конца) при их использовании в конечном итоге получают продукт и минимальное количество отходов и загрязнений, которые практически не оказывают никакого влияния на человека и животных.

Безотходные технологии используются далеко не многими предприятиями, потому что в их основе лежат большие материальные вложения. Поэтому данные технологии введены только отчасти во многих отраслях промышленности, а также применяют ряд установок и требований, помогающий уменьшить количество загрязнений [13].

В данном случае вводится единица измерения – показатели общих выбросов. Данная единица позволяет показать, сколько было произведено выбросов и в каком количестве.

К таким выбросам можно отнести множество факторов. К таким выбросам относят сжигание газа, резервуары, автомобильные выхлопы, печи, сжигающие мусор и т.д.

В таком случае, можно ввести еще одну единицу измерения - индексы сжигания газов. Данный индекс помогает понять, какое количество газов сжигается за сутки, месяц и год. Все это измеряется больше, чем несколько миллионов м³ за одни сутки. В данном показателе учитывается множество факторов. К данным газам относится кислый, сырой, мухой и множество других. На каждом предприятии имеются клапаны, которые контролируют выход газов. Помимо этого, также учитывается количество нефти, которая была добыта в определенный промежуток времени. Объемы разлива делят на этот фактор.

Объем разлива регистрируют каждый месяц и рассчитывают с помощью специальных инженерных формул. Данные расчеты зависят от месторождения нефти и места ее добычи.

Условно, по характеру действия на отдельные ткани и системы организма, токсические вещества делятся на следующие группы:

Если рассматривать вредные вещества, пагубно действующие на организмы человека и животных, то можно их объединить по типам, действию на организм (рис. 7):

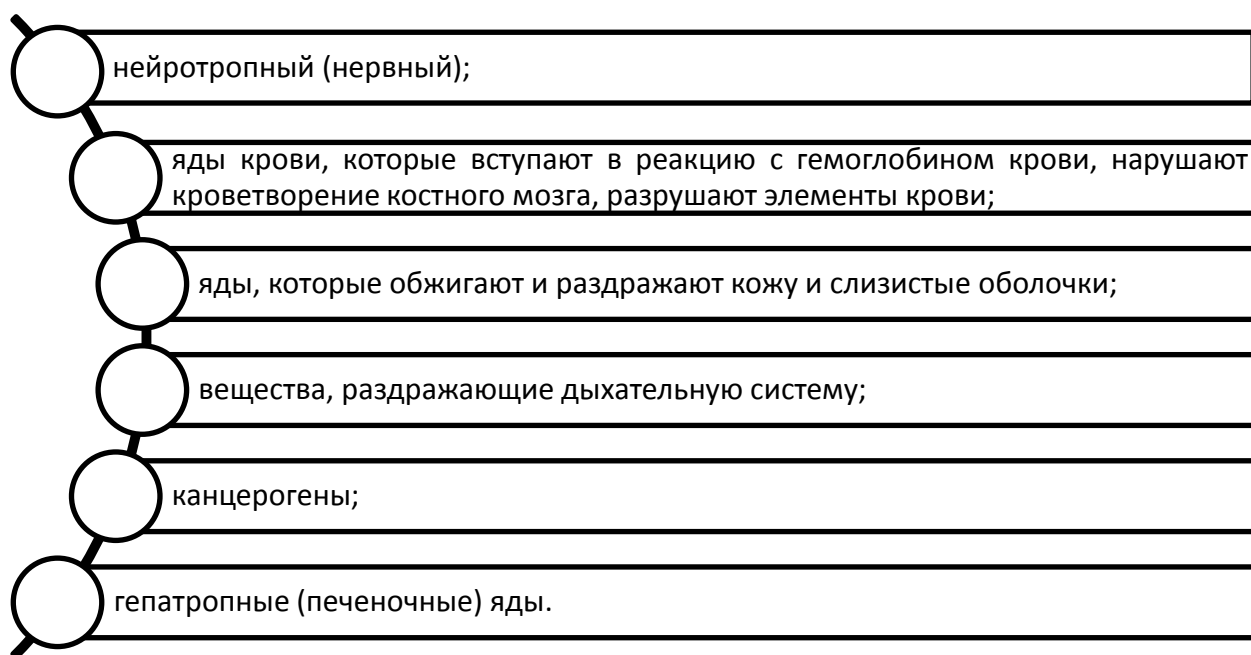


Рисунок 7 - Воздействие нефти на организм человека, разделенное на типы

Выше приведены воздействия нефти на организм человека. Как можно заметить, она и продукт ее переработки пагубно влияют на организм человека, а конкретно на нервную систему, парализуя ее. Наркотическое воздействие также отрицательно влияет на нервную систему человека.

Нефть способна вызвать головокружение, слабость тела, которая может закончиться тем, что человек упадет в обморок, а также сильные боли в голове. Нефтяные продукты, находящиеся в жидкой форме, когда попадают на незащищенное тело человека, сильно пересушивают ее, а также может вызвать кожное заболевание.

Таблица 10 - Характеристика твердых отходов

Наименование отхода	Кол-во, т/год	Периодичность образования	Место складирования	Метод утилизации или нейтрализации	Примечание
Канализационный шлам	1,025	Раз в год	Полигон твердых отходов	Захоронение	Неопасные отходы, указана сухая масса
Замасленный шлам	6,6	Раз в год	Полигон твердых отходов	Захоронение	Неопасные отходы, указана сухая масса
Активированный уголь из F-326.3 - A/B	44,2	4 раза в год	Полигон твердых отходов	Захоронение	Возможно опасный материал. Каждый следующий слой загружается приблизительно через 6 месяцев
Молекулярные сита из газоосушителей R-720, 721, 722	6,9	Один раз в 3 года, каждый слой	Полигон твердых отходов	Захоронение	Неопасные отходы
Молекулярные сита из осушителей пропана R-730.3, 731.3	1,6	Раз в 3 года	Полигон твердых отходов	Захоронение	Неопасные отходы
Дессикант из установки производства азота	40 кг/год	Раз в 3 года	Полигон твердых отходов	Захоронение	Неопасные отходы
Молекулярные сита из установки производства азота	455 кг/год	Раз в 3 года	Полигон твердых отходов	Захоронение	Неопасные отходы

Таблица 11 - Характеристика жидких отходов

Наименование	Кол-во сточных вод, м3/год	Метод утилизации или нейтрализации	Периодичность	Пункт сброса	Допустимый уровень загрязнения	Замечания
Хозбытовые стоки (К-1)	1650	Биологическая очистка	Постоянно	Очистные сооружения	См. Сл. Табл.	Откачка вакуумной машиной из сборника стоков и транспортировка на очистные сооружения
Промливневая канализация от технологических установок (К3)	5300	Механическая и биологическая очистка	Постоянно	Очистные сооружения	См. Сл. Табл.	

Таблица 12 - Допустимое количество загрязнений

Тип отходов	БПК, мг/л	Всего мехпримесей, мг/л	рН	Общее солесодержание, мг/л
Хозбытовые стоки (К-1)	<50	<20	7,0-8,5	325
Канализация (К3) и (К9)	<50	<20	7,0-8,5	28000

БПК - биологическая потребность в кислороде.

Таблица 13 - Выбросы в атмосферу

Тип выброса	Кол-во выброса, м3/сек	Метод утилизации или нейтрализации	Предельная допустимая норма
Сброс на факел	1,5	Сжигание на факеле	Выброс NOx в кол-ве 0,41 г/сек
Дымовые газы из нагревателя регенерации газа В-720.3	1,4	Сброс в атмосферу	Выброс NOx в кол-ве 1,83 г/сек

Заключение (Conclusion)

Компании, работающие в нефтегазовой отрасли страны, имеют огромные перспективы для развития, поскольку имеется достаточная сырьевая база позволяющая осуществлять добычу природных и попутных газов, жидких и газообразных углеводородов.

На данный момент предприятия осуществляют внутреннюю переработку газа, извлекая лишь углеводороды C1 - C4. Более полное использование углеводородного газа позволит оказать существенное влияние на весь народнохозяйственный комплекс.

Огромные перспективы применения попутных нефтяных газов, осуществляя на их основе нефтехимический и органический синтез, требует от науки и производителей совершенствования применяемых в переработке минеральных ресурсов технологических процессов.

Признание необходимости повышения глубины переработки даст возможность предприятиям решить важные для газоперерабатывающей отрасли задачи, в частности:

- обеспечить высококачественную подготовку газа, в качестве товарного топлива;
- снизить потери и минимизировать вероятность возникновения проблем при доставке товара покупателям;
- повысить отдачу от инвестиций в отрасль.

Соединения, состоящие из углерода и водорода, добываются параллельно с нефтью, но их влияние такое же пагубное для человека. Но не смотря на это, углеводород широко используется в производственных промышленности.

Ряд давно работающих ГПЗ, устарели физически и морально, требуют проведения кардинальной модернизации. Кроме того, усовершенствование технологий переработки голубого топлива позволит удовлетворить потребности страны в различных товарах, таких как:

Многие газоперерабатывающие заводы стоят уже много лет и никто их не реставрирует, и, тем более, не заменяет старое оборудование на новое. Если

данная сфера начнет активно развиваться, то на рынке появится множество товаров, которые необходимы многим людям. Такими товарами могут быть:

- Одноатомный спирт;
- Вещества, помогающие замедлить химические процессы;
- Аромамасла;
- Растворители, имеющие природное происхождение;
- Топливо для легковых машин;
- Топливо для печей;
- топливо для диз внедорожников;
- Алкены.

Установка для процесса осушки газов была произведена в соответствии с заданием дипломной работы.

Основная цель. Данная работа с проектированием установки для предварительной сушки газа. Установка в течение года имеет удельную производительность 500.000 м³. Главной целью установки является извлечение влаги из газа. Такие сушки необходимы в производстве. Во время сушки газ обрабатывают специальным катализатором, который реагирует только на воду, после чего работа с газом происходит при предельно низкой температуре. При использовании данной установки качества продуктов заметно возрастает.

Во время проектирования установки произвелось завершение разделов: рассмотрение литературы, которая емко объясняет принцип работы установки и значение сушки газов в промышленности. Также был рассмотрен технологический этап, в котором рассматривалось место для производства самой установки, сравнения сырья, а также рассмотрения итогового продукта. Помимо этого была рассчитана смета и приведен экономический баланс.

В механическом разделе был рассмотрен сам поглотитель установки.

Аналитический раздел дал посмотреть на качество исходников, а также будущего продукта, роль материалов, которые находятся на втором плане, характеристика пробы.

Рассмотрены вопросы, которые связаны с охраной окружающей среды, а также самого труда. Рассказано о технике безопасности при использовании установки и алгоритм действий при пожаре.

Технический и экономический разделы объединяют в себе расчеты, которые необходимо произвести, себестоимость продукции, рассмотрены основные технико-экономические параметры в строительстве.

Список литературы (References):

1. Асылбек, Аманбекович Батталханов Метан на транспорте. Проблемы, задачи и перспективы развития рынков компримированного природного газа: моногр. / Асылбек Аманбекович Батталханов. - М.: Издательские решения, 2019. - 783 с.
2. Бабаев, Али-Икрам Гидраты природных газов - источники энергии недалекого будущего / Али-Икрам Бабаев. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. - 649 с.
3. Берлин, Марк Абрамович Квалифицированная первичная переработка нефтяных и природных углеводородных газов: моногр. / Берлин Марк Абрамович. - М.: Советская Кубань, 2017. - 921 с.
- 4 Ван-Дайк, М. Альбом течений жидкости и газа / М. Ван-Дайк. - М.: [не указано], 2014. - 403 с.
5. Вовк, Владимир Степанович Крупномасштабное производство сжиженного природного газа / Вовк Владимир Степанович. - М.: Недра, 2016. - 617 с.
6. Глушков Анализ проблемы поиска альтернативы нефти и природному газу / Глушков, Александрович Владимир. - М.: Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2015. - 200 с.
7. Готовьте на природном газе. - Москва: Высшая школа, 2015. - 452 с.
8. Джон, Кэрролл Гидраты природного газа / Кэрролл Джон. - М.: Премиум Инжиниринг, 2016. - 559 с.
9. Дорренс, У.Х. Гиперзвуковые течения вязкого газа / У.Х. Дорренс. - М.: [не указано], 2018. - 980 с.

10. Другов, Ю. С. Газохроматографический анализ природного газа / Ю.С. Другов, А.А. Родин. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2019. - 176 с.
11. Другов, Ю.С. Газохроматографический анализ природного газа: практическое руководство / Ю.С. Другов. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2018. - 395 с.
12. Колпаков, Андрей Влияние европейского рынка природного газа на состояние ТЭК России / Андрей Колпаков. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. - 104 с.
13. Ксения, Шевченко und Владимир Горлов География использования жирного природного газа в нефтехимии России / Ксения Шевченко und Владимир Горлов. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2017. - 112 с.
14. Мещерин, И.В. Глобализация рынка природного газа / И.В. Мещерин. - М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2017. - 449 с.
15. Молчанов, Сергей Александрович Комплексная подготовка и переработка многокомпонентных природных газов на газохимических комплексах / Молчанов Сергей Александрович. - М.: Недра, 2019. - 663 с.
16. Рассел, Джесси Месторождение природного газа / Джесси Рассел. - М.: VSD, 2016. - 748 с.
17. Родин, А. А. Газохроматографический анализ природного газа. Практическое руководство / А.А. Родин. - М.: Лаборатория знаний, 2017. - 492 с.
18. Соколов, В. А. Геохимия природных газов / В.А. Соколов. - М.: Недра, 2016. - 336 с.
19. Токарева, Ольга Воздействие факельного сжигания попутного газа на природную среду / Ольга Токарева. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. - 112 с.
20. Уразов, Руслан Гидраты природного газа / Руслан Уразов. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2017. - 120 с.
21. Гихман Л.М., Касперович Л.Г.-- Газ. пром., 2019. – 139 с.
22. Жданова И.В., Халиф А.Л. Осушка природных газов. М., Недра, 2017. – 213 с.
23. Бородина И.И., Нам И.К. -- В хн.: -- Подготовка и переработка газа и газового конденсата. М., ВНИИЭгаэпром, 2019. – 188 с.

24. Хорошилов В.А. и др. -- В кн.: Переработка газа и газового конденсата ВНИИЭгаэпром, 2016. -134 с.
25. Катц Д.Л. Руководство по добыче, транспорту и переработке природного газа М., Недра, 2016. – 168 с.
26. Бык С. Макагон Ю.Ф., Фомина В.И. Газовые гидраты. М., Химия, 2018 – 213 с.
27. Требин Ф.А., Хорошилов В.А., Демченко А.В. -- Газ. пром., 2016.- 84 с.
28. Краснов А.А., Клименок Б. В. -- Нефтехимия, 2017 – 23 с.
29. Кулиев А.М., Мусаев Р.М. Борьба с гидратами при транспорте природных газов. М., Недра, 2019. – 38 с.
30. Агаева С.М. и др. -- В кн.* Переработка газа и газового конденсата. ВНИИЭгаэпром, 2018.- 147 с.
31. Гухман Л.М., Изосимова И.П. -- В кн.: Подготовка и переработка газа и газового конденсата, М., ВНИИгазпром, 2015.- 288 с.
32. Гриценко А.И. и др. -- Газ. пром., 2018.- 190 с.
33. Попов В.И., Семенова Т.В. Способы осушки природного газа абсорбентом. М., ВНИИЭгазпром, 2019.- 78 с.
34. Ключева С.К. и др.-- В кн.: Подготовка и переработка газа и газового конденсата. М., ВНИИЭгазпром, 2017. – 48 с.
35. Расулов А.И., и др. -- В кн.: Переработка газа и газового конденсата. М., 2020.-122 с.