

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет: «Химическая технология»

Кафедра «Технология нефтехимической промышленности»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по предмету:

*«Дополнительные ресурсы в нефтегазохимической
промышленности и технология их подготовки»*

на тему:

*«Методы очистки конвертированного газа от диоксида
углерода и расчёт материального баланса абсорбера»*

Выполнила:

**Исаева Евгения
гр 15-13 НГКСТ**

Руководитель:

асс. З. В. Нуруллаева

Утвердил:

доц. Базаров Г.Р.

Бухара-2016

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедры «ТНХП»

_____ доц. Бозоров Г.Р.

«_____» _____ 2016 г.

Кафедра «Технология нефтехимической промышленности»

КУРСОВАЯ РАБОТА

«Дополнительные ресурсы нефте-газохимической промышленности и технология их подготовки»

Студент группы 15-13 НГКСТ: Исаева Евгения

ЗАДАНИЕ

1. Тема курсовой работы: *Методы очистки конвертированного газа от диоксида углерода и расчёт материального баланса абсорбера*

2. Исходные данные: *Рассчитать материальный баланс абсорбера, заданную производительность 2000 т/сут по аммиаку пересчитать на технологический газ (кг/ч), $V_{т}=22,4$ кмоль/м³, $C(N_2)=54901,6$ (%об). Абсорбер орошается 20 %-ным водным раствором карбоната калия в количестве 1500 м³/ч. $K_2CO_3=1174,25$ кг/ м³ – плотность 20%-ного водного раствора K_2CO_3 при температуре входа в аппарат $t=50^{\circ}C$;*

Литература: Абалонин Б.Е. Основы химических производств М., Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа ч.1. - М.:Химия,1999, 360 с., Уильям Л. Леффлер Переработка нефти М.: Олимп-бизнес, 1999., 224 с., Сарданашвили А.Г., Львова А.И. Примеры и задачи по переработки нефти и газа. - М.: Химия, 1990 Химия 2001, Соколов Р.С. Химическая технология, т.л., 2-М.: Владос, 2000. – 432 с., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза М.: «Высшая школа» 2003. -536с., www.ziyonet.uz, www.colibri.ru, www.bmti.uz, www.books.econprofi.ru

4. Структура чертежной части:

Чертеж технологической схемы

Чертеж дополнительного оборудования

5. Структура пояснительной записки:

Введение

Техническая часть

Технологическая часть

Расчетная часть

Безопасность жизнедеятельности

Выводы

Список использованной литературы

6. Дополнительные задания и указания: _____

7. Срок защиты: План _____ Фактически _____

Ступени					Защита
1	2	3	4	5	

Руководитель: асс. З. В. Нуруллаева

ТЕМА 2. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ КОНВЕРТИРОВАННОГО ГАЗА ОТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И РАСЧЁТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА АБСОРБЕРА

ВВЕДЕНИЕ

2.ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- 2.1 **Методы очистки конвертированного газа от CO₂**
- 2.2 Водная очистка газов от CO₂ под давлением
- 2.3 Очистка газов от CO₂ растворами этаноламинов
- 2.4 Очистка газов от CO₂ горячим раствором поташа

3.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- 3.1 Характеристика исходного сырья и продукта
- 3.2 Физико-химические основы процесса
- 3.3 Выбор и описание технологической схемы

4.РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ

- 4.1 Материальный баланс абсорбера

5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 5.1 Охрана труда и окружающей среды
- 5.2 Требования по технике безопасности

6.ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Технологическая схема очистки газа горячим раствором поташа, содержащим ДЭА
2. Схема материальных потоков

ВЫВОДЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Введение

Во всех развитых странах азотная промышленность является в настоящее время одной из основных ведущих отраслей. Бурное развитие азотной промышленности объясняется, в первую очередь, необходимостью обеспечить населения продуктами земледелия. Без минеральных удобрений, а главное азотных, невозможно решить задачи интенсификации сельского хозяйства. Первые этапы развития производства аммиака характеризуются совершенствованием отдельных технологических звеньев общего процесса. Строительство новых заводов и установок осуществляется на основе все более рациональных и совершенных технологических схем, применяются все

более надежные конструкции технологических аппаратов и энергетических машин, более активные, селективные и стабильные катализаторы, растворители и поглотители, степень автоматизации управления производством.

В настоящее время основным промежуточным продуктом для получения огромного числа различных азотосодержащих соединений является аммиак, а синтез его из водорода и азота - единственным крупномасштабным методом производства этого важнейшего продукта.

Важную роль в производстве аммиака играет очистка газов. Она предусматривает удаление из промышленных или природных газов вредных и балластных примесей с тем, чтобы очищенный газ был пригоден для транспортирования, дальнейшей химической переработки и непосредственного использования. Эффективность процесса абсорбции CO_2 горячим раствором K_2CO_3 зависит от температуры, парциального давления CO_2 и водяного пара над раствором, концентрации активирующей добавки и щелочности раствора.

Целью курсовой работы является расчет процесса абсорбции диоксида углерода в агрегате получения аммиака.

Объект исследования: стадия очистки конвертированного газа от диоксида углерода при производстве аммиака.

2. Техническая часть

2.1 Методы очистки конвертированного газа от CO_2

Диоксид углерода содержится в природном и коксовом газах, в конвертированном газе. В последнем содержание CO_2 наибольшее и составляет в зависимости от исходного сырья и метода конверсии 20 -30 % объёмных. Можно выделить физические и химические методы очистки от диоксида углерода. Физические методы основаны на повышенной растворимости его в жидкостях или на конденсации CO_2 при умеренном охлаждении. Большинство химических методов основано на абсорбции этих примесей растворами химических реагентов, а в случае тонкой очистки – на каталитическом восстановлении их H_2 до CH_4 . Почти все способы удаления CO_2 дают возможность получить его в качестве побочного продукта, используемого в производстве карбамида.

Для грубой очистки газа от двуокиси углерода применяются следующие способы:

1. Водная очистка под давлением, а также физическая абсорбция органическими растворителями, имеющими низкое давление паров при обычной температуре.

2. Моноэтаноламиновая очистка при атмосферном давлении.

3. Очистка горячим раствором поташа.

Для тонкой очистки газа от двуокиси углерода применяются следующие способы:

1. Моноэтаноламиновая очистка под давлением.

2. Очистка водными растворами щелочей.

3. Низкотемпературная очистка органическими растворителями с одновременным удалением из газа двуокиси углерода и органических сернистых соединений.

4. Каталитическое гидрирование, осуществляемое совместно с очисткой от окиси углерода.

2.2 Водная очистка газов от CO₂ под давлением

Способ очистки основан на различной растворимости в воде двуокиси углерода. При невысоких парциальных давлениях растворимость CO₂ в воде невелика, но с увеличением давления она возрастает. При следующем снижении давления растворённая двуокись углерода выделяется из раствора. Водная очистка газа от двуокиси углерода под давлением весьма эффективна при высоком содержании CO₂ в газе. Этот способ отличается простотой и позволяет многократно использовать оборотную воду. Одновременно с растворением двуокиси углерода в воде растворяются и другие компоненты конвертированного газа: водород, азот, окись углерода, сернистые соединения. По химическим свойствам CO₂ является ангидридом угольной кислоты. С водой реагирует с образованием угольной кислоты, согласно уравнения:



В технической оборотной воде, используемой для водной очистки от CO₂, содержатся растворённые соли, которые понижают растворимость CO₂ в технической воде по сравнению с чистой. Существенное значение для экономичности процесса водной очистки имеет расход воды на очистку и расход энергии на подачу этой воды.

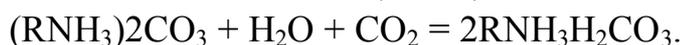
Расход воды на очистку конвертированного газа от двуокиси углерода зависит от степени извлечения CO₂, температуры, общего и парциального давления CO₂ в газовой смеси до очистки. Если конвертированный газ в процессе конверсии углеводородов или газификации топлива получают при атмосферном давлении, то перед водной очисткой газ компримируют. Выбор давления для водной очистки от CO₂ зависит от нескольких факторов.

С увеличением давления возрастает растворимость CO₂ в воде и уменьшается количество воды, необходимой для промывки, почти обратно

пропорционально давлению. При этом снижается расход энергии на подачу воды. С другой стороны, работа сжатия двуокиси углерода от начального низкого давления до давления абсорбции с увеличением давления возрастает. Суммарный расход энергии на водную промывку газа в пределах 1-3 МПа практически не зависит от давления. Однако с увеличением давления уменьшаются размеры абсорбера и возрастает степень очистки газа от CO_2 , поэтому целесообразно конвертированный газ компримировать до 3 МПа.

2.3 Очистка газов от CO_2 растворами этаноламинов

Для очистки газа от CO_2 применяют растворы этаноламинов (аминоспиртов), которые обладают щелочными свойствами и при взаимодействии с кислотами образуют соли. Обычно используют водные растворы моноэтаноламина $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2-\text{NH}_2$, диэтаноламина $(\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2)_2\text{NH}$ и триэтаноламина $(\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2)_3\text{N}$. Наиболее сильным основанием среди этаноламинов является моноэтаноламин, который нашёл широкое применение в промышленности для очистки газов. При абсорбции CO_2 растворами этаноламинов образуются карбонаты и бикарбонаты. Попутно может абсорбироваться сероводород, и образовываться сульфиды и бисульфиды. Эти соединения при температуре выше 100°C диссоциируют с выделением из растворов CO_2 и H_2S . Взаимодействие моноэтаноламина RNH_2 (где R - группа $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2$) с двуокисью углерода может быть представлено следующими реакциями:



При поглощении двуокиси углерода водным раствором моноэтаноламина выделяется - 66 кДж/моль тепла, при абсорбции сероводорода - 65 кДж/моль.

При совместном поглощении CO_2 и H_2S растворимость каждого компонента уменьшается. Несмотря на то, что поглотительная способность раствора моноэтаноламина по отношению к H_2S в присутствии CO_2 снижается, коэффициент абсорбции H_2S значительно выше, чем CO_2 , и возможна избирательная абсорбция сероводорода из конвертированного газа, содержащего двуокись углерода. Поглотительная способность абсорбента возрастает с понижением температуры и повышением давления. При повышении температуры и понижении давления равновесие химических реакций, протекающих при абсорбции, сдвигается влево. На этом основана регенерация раствора МЭА, насыщенного кислыми газами при абсорбции. Насыщенный раствор нагревают, при этом происходит разложение

химических соединений и десорбция кислых газов из раствора, сопровождаемая также испарением из раствора воды.

В процессе этаноламиновой очистки газа от CO_2 протекают побочные реакции, вызывающие необратимые изменения состава раствора, снижающие его поглотительную способность и приводящие к потерям амина. Растворы этаноламинов вызывают коррозионное разрушение оборудования в определённых условиях, особенно при высоких степенях насыщения кислыми газами. Подобно растворам аммиака, они разрушающе действуют на медь, цинк и их сплавы. Поэтому аппараты и трубы, соприкасающиеся с растворами аминов, нельзя выполнять из этих металлов. В кипящих водных растворах моноэтаноламина малоуглеродистые стали также подвергаются коррозии под действием CO_2 . Присутствие в растворах МЭА посторонних примесей увеличивает скорость коррозии углеродистой стали. Поэтому необходимо применять возможно более чистый моноэтаноламин и систематически подвергать очистке поглотительный раствор путём его перегонки в присутствии щёлочи. Экономичность процесса очистки определяется в основном расходом тепла на регенерацию раствора моноэтаноламина. Снижение расхода тепла на регенерацию раствора в различных технологических схемах МЭА очистки решается различными путями.

Одним из распространённых методов решения этих задач в мировой практике является замена МЭА на метилдиэтанолламин (МДЭА). Известно, что реакционная способность азотсодержащей группы у первичных алканоламинов таких, как МЭА, выше, чем вторичных алканоламинов, таких, как диэтанолламин (ДЭА), и третичных алканоламинов, таких, как триэтанолламин (ТЭА), и метилдиэтанолламин (МДЭА). Наличие третьей ОН-группы в молекуле ТЭА ослабляет реакционную способность азотсодержащей группы, поэтому МДЭА имеет несколько более высокую поглотительную способность, чем ТЭА.

Растворы МДЭА легче регенерируются, скорость коррозии и деградации раствора меньше, чем у МЭА. С другой стороны, кинетика абсорбции CO_2 растворами МДЭА не обеспечивает необходимую степень очистки синтезгаза.

МДЭА (третичный амин) по сравнению с МЭА (первичный амин) имеет меньшую коррозионную активность, что позволяет применять на стадии абсорбции более концентрированные водные растворы МДЭА (30-50% масс.) по сравнению с МЭА (12-18%).

Использование МДЭА обеспечивает экономию энергозатрат (греющий пар) также за счёт меньшей теплоты десорбции МДЭА по сравнению с МЭА

при регенерации абсорбента. Сравнительные расчеты показывают, что потребное количество тепла на регенерацию растворов МДЭА на 30-40% меньше, по сравнению с МЭА. При применении МДЭА наблюдается значительное снижение деструкции абсорбента по сравнению с растворами МЭА. Отмечено, что на внутренних поверхностях оборудования отсутствуют отложения, возникавшие ранее за счет деструкции применявшихся абсорбентов на основе МЭА. Эти положительные моменты, наряду с отмеченной ранее низкой коррозионной активностью растворов МДЭА приводят к тому, что упрощается плановый ремонт оборудования, сокращается время его проведения. Отсутствие отложений на внутренней поверхности оборудования повышает эффективность теплообмена, что также приведет к снижению энергозатрат.

При применении раствора МЭА в качестве абсорбента наблюдаются потери МЭА за счет уноса паров на стали десорбции, где температура потоков достигает 115 °С - 130 °С. При применении МДЭА, температура кипения которого (247 °С) значительно выше, чем у МЭА (170 °С), унос амина при регенерации раствора при рабочих температурах абсорберов значительно снижается, до величины близкой к нулю.

Таким образом, замена МЭА на МДЭА обеспечит экономию материальных ресурсов на очистку газа по следующим статьям:

- снижение энергозатрат до 30 % за счет снижения циркуляционного расхода рабочего раствора, повышения степени насыщения рабочего раствора, меньшей теплоты десорбции МДЭА ;

- снижение затрат на обслуживание и ремонт оборудования вследствие низкой коррозионной активности абсорбентов и отсутствие смолообразования ;

при сложившемся уровне цен на МЭА и на МДЭА, вследствие более длительного срока работы абсорбента без снижения его характеристик и добавления свежего МДЭА в процесс эксплуатации, срок окупаемости при переходе на МДЭА составит 1,2-1,8 лет;

- снижение затрат на покупку абсорбента благодаря применению отечественного МДЭА взамен импортных аналогов .

Наиболее близким по совокупности существенных признаков заявляемому устройству является агрегат моноэтаноламиновой очистки газовых смесей с регенерацией раствора в регенераторе-рекуператоре, более известный среди специалистов как “Агрегат АМ-76” (по маркировке Государственного института азотной промышленности - ГИАП).

Агрегат включает абсорбер с контактным устройством, выполненным в виде высокослойных ситчатых тарелок с входами тонко регенерированного и

грубо регенерированного абсорбента и выходом насыщенного раствора, регенератор-рекуператор с входом насыщенного раствора и двумя, расположенными в двух уровнях выходами грубо регенерированного и тонко регенерированного абсорбента, тарелками со встроенными теплообменниками, связанными с выходом грубо регенерированного абсорбента и входом груборегенерированного абсорбента абсорбера, конденсаторы загрязненного и чистого диоксида углерода с выходом флегмы, холодильники грубо- и тонкорегенерированного растворов абсорбента, вынесенный кипятильник для нагрева куба регенератора, а также систему насосов, трубопроводов и запорно-регулирующие элементы.

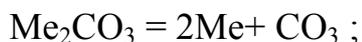
Основными недостатками данного устройства являются его увеличенная материалоемкость из-за необходимости поддержания достаточно высокого избыточного давления процесса, недостаточно высокая эффективность работы и ограниченная азотной промышленностью область применения.

Техническим результатом изобретения является упрощение конструкции за счет совмещения функций нагревателя (кипятильника) регенератора с собственно регенератором (массообменным аппаратом), снижение общего избыточного давления процесса и парциального давления диоксида углерода за счет изменения конфигурации потоков, уменьшение удельных энергозатрат на очистку газа от диоксида углерода за счет уменьшения теплорассеивающих поверхностей, а также расширение области применения этаноламиновой очистки - ее распространение на процессы очистки колошникового газа доменного производства с целью его рецикла, очистки восстановительного газа в производстве губчатого железа и очистки топочных газов с выделением товарного диоксида углерода.

Для достижения заявляемого технического результата в известном устройстве для очистки газовых смесей от диоксида углерода, содержащем абсорбер с входом абсорбента и выходом насыщенного раствора, регенератор-рекуператор с входом насыщенного раствора и выходом регенерированного абсорбента, тарелками со встроенными теплообменниками, связанными с выходом регенерированного абсорбента, и кипятильником, конденсатор-отделитель диоксида углерода с выходом флегмы, холодильник регенерированного абсорбента, насосы, трубопроводы и запорно-регулирующие элементы, абсорбер выполнен с пакетными насадками и содержит в своей средней части, по меньшей мере, один контур охлаждения, выполненный в виде устройства отбора частично насыщенного раствора абсорбента, циклически связанного с промежуточной емкостью и промежуточным холодильником.

2.4 Очистка газов от CO₂ горячим раствором поташа

Водные растворы карбонатов натрия и калия поглощают двуокись углерода с образованием бикарбонатов. В водном растворе карбонат диссоциирует на ионы:

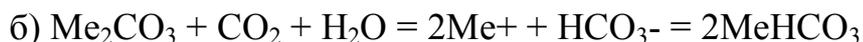


где Me - натрий или калий.

Поглощение CO₂ водой определяется скоростью относительно медленной реакции:



Суммарный процесс поглощения выражается в виде:



Обычно абсорбцию газов ведут при низкой температуре, что связано с уменьшением растворимости газов в жидкостях при повышении температуры. В данном случае при поглощении CO₂ растворами карбонатов образующиеся бикарбонаты менее растворимы в воде, чем карбонаты. Поэтому повышение температуры должно способствовать увеличению растворимости в воде солей - карбонатов и бикарбонатов. Растворимость солей калия выше растворимости солей натрия, поэтому для очистки применяют водный раствор карбоната калия - поташа - при повышенной температуре. С повышением температуры возрастает концентрация соли в растворе, что позволяет компенсировать отрицательное влияние температуры на растворимость газа. С другой стороны, повышение температуры способствует увеличению скорости гидратации по реакции "а". Поэтому растёт скорость всего процесса абсорбции CO₂.

Растворимость CO₂ в горячем растворе поташа в значительной степени зависит от парциального давления двуокиси углерода над раствором. Поэтому абсорбцию CO₂ горячими растворами поташа осуществляют при повышенном давлении. Наименьшее парциальное давление двуокиси углерода, при котором поташная очистка экономически целесообразна, равно 0,14 МПа. При снижении давления равновесие реакции "б" смещается влево. На этом основана регенерация горячего раствора поташа, насыщенного CO₂. Таким образом, указанные физико-химические особенности процесса очистки позволяют проводить абсорбцию и регенерацию почти при одинаковой температуре, причём абсорбция идёт при повышенном давлении, а десорбция (регенерация) раствора - при снижении давления до атмосферного. Поглотительная способность горячих растворов поташа в производственных условиях колеблется в пределах 20 - 35 м³ CO₂/м³.

Одноступенчатая очистка горячим раствором поташа позволяет достичь остаточного содержания в очищенном газе 0,5 - 0,6% CO₂ (грубая очистка газа). Повышение температуры до 100°C в процессе абсорбции недостаточно для ускорения реакции и достижения тонкой очистки газа. Поэтому для повышения скорости процесса абсорбции при более низкой температуре применяют различные активирующие добавки.

При регенерации равновесие этих реакций сдвигается влево. При изучении поглотительной способности мышьяково - поташных растворов установлено, что такие растворы при одинаковой температуре способны поглотить большее количество CO₂ при максимальном насыщении до момента появления твёрдой фазы KНСО₃, чем соответствующие для данной концентрации калия обычные поташные растворы, и это количество CO₂ увеличивается с повышением содержания мышьяка.

3. Технологическая часть

3.1 Характеристика исходного сырья и продукта

После II ступени конверсии СО газ имеет следующий состав, % об: Н₂ – 60, N₂ – 20, СО₂ – 19, инертны – 1.

Поскольку после конверсии СО резко возрастает содержание в газовой смеси нежелательного СО₂ следующей технологической стадией является очистка газа от СО₂. Водные растворы поташа, активированные различными добавками, широко применяются для очистки газов от СО₂.

Карбонат калия (мол. масса, 138,2) — белый кристаллический порошок, очень гигроскопичен, плотность при 30°C равна 2428 кг/м³, температура плавления 898 СС, теплоемкость при 50°C—905,61 Дж/(кг·К). Растворимость K₂СО₃ в воде составляет: при 25 °С —111, при 100 °С -155, при 135 °С—203 г на 100 г Н₂О.

Таблица 1- Температура кипения водных растворов K₂СО₃ при атмосферном давлении

С(K ₂ СО ₃), % (масс.)	18,3	28,6	37,7	44,0	51,0	66,7
Ткип, оС	102	104	107	110	115	135

Таблица 2 - Теплота растворения K₂СО₃ в воде

С(K ₂ СО ₃), % (масс.)	0	7,12	13,3	23,5	27,7	43,5
ДН, кДж/кг	-199,3	-211,4	-218,1	-223,2	-224,0	-223,6

Требования к качеству природного газа и воздуха

Несмотря на многообразие сырья в целом, в настоящее время конверсия прир.газа, т.е. метана и его гомологов, является основным промышленным методом получения водорода и технологических газов для синтеза аммиака, спиртов, моторных топлив и других продуктов.

В целом, примеси оказывают следующее вредное воздействие в химических процессах:

1. отравление катализатора
2. может вызывать коррозию аппаратуры
3. вызывают протекание побочных реакций
4. ухудшают качества продукта, загрязняя его

По содержанию примесей природный газ должен удовлетворять следующим требованиям:

- общая массовая концентрация серосодержащих соединений в пересчете на серу: не более 80 мг/м³. В том числе серосодержащих органических

соединений, не более 60 мг/м³. Серосодержащих не органических соединений не более 20 мг/м³

- массовая концентрация газ. конденсатора не более 15 г/м³

- массовая концентрация механических примесей не более 1 мг/м³

- теплотворная способность 33900-36600 кДж/ м³

Высокие требования предъявляются и к технологическому воздуху по содержанию вредных примесей:

- массовая концентрация сернистых соединений в пересчете на серу не более 0,05 мг/м³

- массовая концентрация хлора и других галоидов в пересчете на хлор, не более 0,01 мг/м³

- массовая концентрация фосфатов в пересчете на PO₄²⁻, не более 0,01 мг/м³

- массовая концентрация масла и механических примесей отсутствует.

При очистке из газа извлекается 99,0 % CO₂

3.2 Физико-химические основы процесса

Взаимодействие диоксида углерода с K₂CO₃ при абсорбции CO₂ из газов протекает по реакции:



Максимальная концентрация поташа в рабочем растворе выбирается таким образом, чтобы степень превращения карбоната была на 10—20%

ниже величины, при которой начинает выпадать осадок. В таблицах 5-6 приведены экспериментальные данные по растворимости и дифференциальных теплотах растворения CO_2 в водных растворах поташа различной концентрации при температурах 40—170°С.

Таблица 3 - Равновесное давление CO_2 над водными растворами K_2CO_3 при различных температурах

Концентрация CO_2 в растворе, м3/м3 (t, оС)	Температура оС				
	40	50	60	70	80
20%-ный раствор K_2CO_3 (1,72 моль/л)					
4,3	104	135	198	299	-
5,1	-	-	243	348	453
7,1	319	512	724	1048	-
10,9	1285	2025	2685	-	-

Таблица 4 - Равновесное давление CO_2 над 20%-ными водными растворами K_2CO_3 при различных температурах (Па)

Концентрация CO_2 в растворе, м3/м3 раствора	Температура оС							
	40	50	60	70	80	120	140	170
4,72	-	72	120	149	241	-	-	-
7,68	-	197	283	419	520	-	-	-
10,25	236	315	477	783	119	-	-	-
11,45	269	423	619	937	1333	-	-	-
15,15	592	901	1361	2009	2466	-	-	-
19,75	897	1552	2377	3666	5290	16000	26664	49338
21,5	1105	1865	2989	4037	6932	20000	34660	61320
26,25	1986	3162	4919	-	14000	37330	66660	108000
31,43	-	-	-	-	31330	73330	125300	192000
37,72	-	-	-	-	77330	159980	253300	353300
44,0	-	-	-	-	173320	306640	466600	593300

Добавление диэтанолamina (ДЭА) в поташный раствор позволяет значительно снизить равновесное давление CO_2 над раствором при малых степенях его карбонизации (в условиях верха абсорбера), т. е. достичь более тонкой очистки, а также увеличить скорость абсорбции CO_2 горячим раствором карбоната калия в 1,5—2 раза по сравнению с абсорбцией чистым раствором K_2CO_3 при высоких степенях карбонизации раствора.

3.3 Выбор и описание технологической схемы

Способ очистки газов горячими растворами поташа основан на увеличении растворимости солей в воде и скорости абсорбции CO_2 при повышении температуры. Эти физико-химические особенности позволяют осуществить процессы абсорбции и регенерации практически при одинаковых температурах, причем абсорбция протекает при повышенном давлении, а регенерация - при давлении, близком к атмосферному. Схема процесса очистки газа от CO_2 горячими растворами поташа, активированными ДЭА, приведена на рис.3. Абсорбция осуществляется при давлении 2,79 МПа по двухпоточной схеме. Около 20% циркулирующего раствора (тонкорегенерированного) поступает в верхнюю часть абсорбера при температуре 70°C , остальной раствор (груборегенерированный) подается в среднюю часть абсорбера.

Насыщенный диоксидом углерода раствор, выходящий из нижней части абсорбера, дросселируется до $2,94 \cdot 10^5$ Па и направляется в регенератор. Основная часть раствора (80%) подвергается грубой регенерации при $114 - 115$ оС, выводится из средней части регенератора и поступает в среднюю часть абсорбера. Меньшая часть, раствора регенерируется при $117 - 119^\circ\text{C}$, охлаждается до 70°C и поступает в верхнюю часть абсорбера. В схеме предусмотрена непрерывная фильтрация около 2% общего количества циркулирующего раствора на активированном угле. Для устранения коррозии оборудования амино-поташными растворами в рабочем растворе должна постоянно поддерживаться определенная концентрация [от 0,4 до 0,6% (масс.)] ингибитора коррозии — пентоксида ванадия. Однако в процессе эксплуатации происходит постепенное восстановление ионов V_5^+ в ионы низшей валентности, которые не обладают ингибирующим действием. Поэтому необходимо периодически проводить окисление части рабочего раствора для перевода ионов ванадия низшей валентности в ион V_5^+ . Для окисления можно использовать воздух, барботирующий через раствор, или нитрит калия (KNO_2), который добавляют в раствор. Воздух направляют либо в нижнюю часть регенератора, либо в емкость для приготовления раствора, в которую предварительно заливают часть рабочего тонкорегенерированного раствора. При эксплуатации установок очистки газов поташными растворами возможно сильное вспенивание этих растворов. Причины вспенивания, могут быть различными, например, накопление продуктов коррозии металлической насадки или веществ, выщелачиваемых из пластмассовых насадок. Для предотвращения вспенивания рабочих растворов в систему необходимо постоянно вводить антивспениватели.

Во избежание коррозионного растрескивания оборудования содержание ионов Cl^- в горячем поташном растворе не должно превышать 20—30 мг/л. Поэтому для приготовления рабочего раствора следует использовать поташ марки х.ч. или ч. д. а. и перед пуском необходимо тщательно промывать систему. При приготовлении рабочего раствора и подпитки системы не рекомендуется смешивать V_2O_5 и ДЭА перед загрузкой, поскольку V_2O_5 является окислителем. К приготовленному раствору поташа сначала добавляют V_2O_5 затем диэтаноламин.

При этом возможны два варианта процесса карбонизации КОН: 1) чистым диоксидом углерода в специальной емкости и 2) непосредственно в абсорбере при абсорбции CO_2 из конвертированного газа. Применение КОН, бедного хлором, позволяет снизить затраты на процесс очистки, так как его стоимость в несколько раз ниже стоимости поташа марки х. ч. Недостатком щелочи является большая коррозионная активность ее растворов. В связи с этим, учитывая недопустимость коррозии оборудования и выщелачивания керамической насадки, при применении КОН должны соблюдаться следующие условия: содержание хлоридов в исходном КОН не должно превышать 0,004% (масс.); концентрация КОН в циркулирующем растворе в любой точке системы не должна превышать 2% (масс.); концентрация раствора КОН в емкости приготовления не должна превышать - 25% (масс.) .

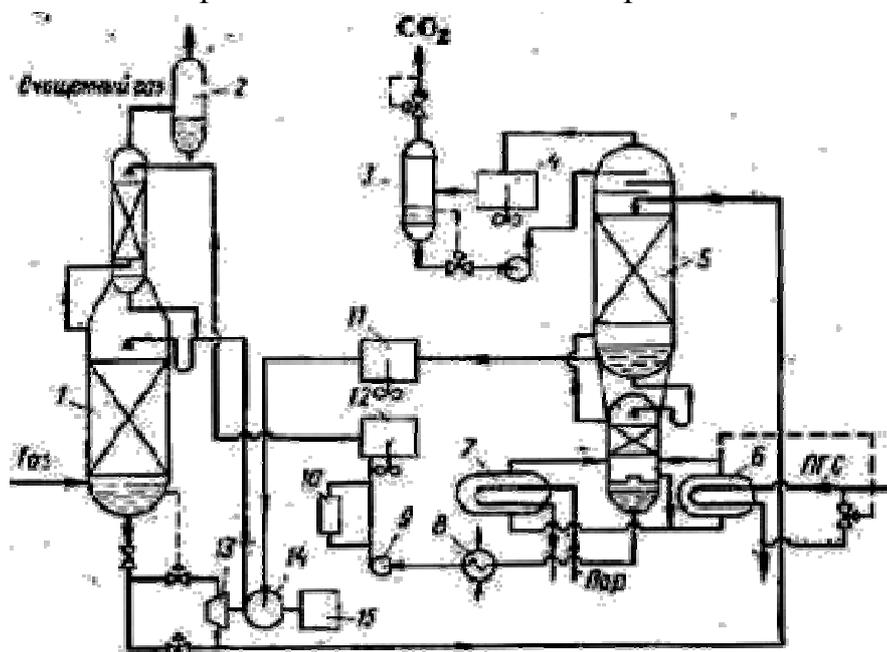


Рисунок 1 - Схема очистки газа горячим раствором поташа, содержащим ДЭА: 1 – абсорбер; 2,3 – брызгоуловители; 4, 11, 12 – воздушные холодильники; 5 – регенератор; 6 – парогазовый кипятыльник; 7 – паровой кипятыльник; 8 – подогреватель питательной воды; 9, 14 – насосы; 10 – фильтр; 13 – турбина; 15 – электродвигатель.

4. Расчётная часть

Материальный баланс абсорбера

Расчет

1. Заданную производительность 2000т/сут по аммиаку пересчитаем на технологический газ, кг/ч.

1.1. Пересчет т/сут в кг/ч:

$$m=2000\text{т/сут} \cdot 1000\text{кг} / 24\text{ч}=83333 \text{ кг/ч (NH}_3\text{)}. \quad (1)$$

1.2. По реакции:



определим количество азота:

$$m=G(\text{NH}_3) \cdot M(\text{N}_2) / (2 \cdot M \text{NH}_3), \quad (3)$$

где M – молярная масса, кг/кмоль.

$$m=83333 \cdot 28 / (2 \cdot 17) =68627 \text{ кг/ч (N}_2\text{)}.$$

1.3. Объем азота вычислим по формуле:

$$V_{\text{N}_2} = \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} \cdot V_m(\text{N}_2), \quad (4)$$

где $V_m=22,4$ кмоль/ м^3 – молярный объем.

$$V_{\text{N}_2} = \frac{68627}{28} \cdot 22,4 =54901,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

1.4. Объем технологического газа определим по формуле:

$$V_c = \frac{V(\text{N}_2)}{C(\text{N}_2)} \cdot 100, \quad (5)$$

где $C(\text{N}_2)$ – содержание азота, %об.

$$V_c = \frac{54901,6}{20} \cdot 100 =274508 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2. Состав газового сырья приведен в табл.5.

3. Состав регенерированного раствора дан в табл.6.

Таблица 5 - Состав газового сырья абсорбера

Компонент	Содержание в сырье $V_{ci},\%$ (об.)	Количество $V_{ci}, \text{ м}^3/\text{ч}$
H ₂	60	164704,8
N ₂	20	54901,6
CO ₂	19	52156,52
Инерты	1	2745,08
Всего	100	274508

Таблица 6- Состав регенерированного водного раствора “Карсол”

Компонент	Молекулярная масса M, кмоль/кг	Содержание c_i , масс. доли
H ₂ O	18	0,79
K ₂ CO ₃	138,2	0,2
CO ₂	44	0,01

Рассчитаем состав неочищенного газа.

Содержание компонентов, об. доли:

$$y'_{Ci} = \frac{V_{ci}}{\sum V_{ci}}, \quad (6)$$

где V_{ci} – объем i -го компонента неочищенного газа, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$$y'_{\text{H}_2} = \frac{164704,8}{274508} = 0,6;$$

$$y'_{\text{N}_2} = \frac{54901,6}{274508} = 0,2;$$

$$y'_{\text{CO}_2} = \frac{52156,52}{274508} = 0,19 ;$$

$$y'_{\text{ин}} = \frac{2745,08}{274508} = 0,01 .$$

Количество каждого компонента, $\text{кг}/\text{ч}$:

$$G_{Ci} = \frac{V_{ci} \cdot M_{ci}}{22,4} ;$$

$$G_{\text{H}_2} = \frac{164704,8 \cdot 2}{22,4} = 14705,79 \text{ кг}/\text{ч};$$

$$G_{\text{N}_2} = \frac{54901,6 \cdot 28}{22,4} = 68627 \text{ кг}/\text{ч};$$

$$G_{\text{CO}_2} = \frac{52156,52 \cdot 44}{22,4} = 102450,3 \text{ кг}/\text{ч};$$

$$G_{\text{ин}} = \frac{2745,08 \cdot 40}{22,4} = 4901,93 \text{ кг}/\text{ч}.$$

Содержание компонентов, масс. доли:

$$y_{Ci} = \frac{G_{ci}}{\sum G_{ci}} ; \quad (7)$$

$$y_{\text{H}_2} = \frac{14705,79}{190685,02} = 0,077;$$

$$y_{\text{N}_2} = \frac{68627}{190685,02} = 0,36;$$

$$y_{\text{CO}_2} = \frac{102450,3}{190685,02} = 0,537;$$

$$y_{\text{ин}} = \frac{4901,93}{190685,02} = 0,026.$$

Определим количество CO_2 , содержащееся в конвертированном газе после очистки, $\text{кг}/\text{ч}$:

$$m'_{\text{CO}_2} = \frac{102450,3}{100} = 1024,5 \text{ кг}/\text{ч}.$$

Количество CO_2 , поглощаемое раствором K_2CO_3 :

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{102450,3 - 1024,5}{44} = 2305,1 \text{ кмоль};$$

Абсорбер орошается 20 %-ным водным раствором карбоната калия в количестве $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Переведем m р-р в $\text{кг}/\text{ч}$:

$$m = V(\text{м}^3/\text{ч}) \cdot c_{\text{K}_2\text{CO}_3}(\text{кг}/\text{м}^3) = \text{кг}/\text{ч}, \quad (8)$$

где $c_{\text{K}_2\text{CO}_3} = 1174,25 \text{ кг}/\text{м}^3$ – плотность 20%-ного водного раствора K_2CO_3 при температуре входа в аппарат $t = 50^\circ\text{C}$;

$$m_{\text{р-р}} = 1500 \cdot 1174,25 = 1761375 \text{ кг}/\text{ч};$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{1761375 \cdot 20}{100} = 352275 \text{ кг}/\text{ч};$$

количество K_2CO_3 и H_2O необходимое по реакции;

$$m_{\text{K}_2\text{CO}_3} = 2305,1 \cdot 138,2 = 318564,82 \text{ кг}/\text{ч};$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 2305,1 \cdot 18 = 41491,8 \text{ кг}/\text{ч};$$

$$A_{\text{р}} = 318564 + 41491,8 + 1024,5 = 361080,3 \text{ кг}/\text{ч}$$

$$\text{Непрореагировавший раствор: } 1761375 - 361080,3 = 1400294,7 \text{ кг}/\text{ч}$$

Рассчитаем состав регенерированного раствора K_2CO_3 :

$$g_i = c_i \cdot A_{\text{р}} \quad (9)$$

$$g_{\text{H}_2\text{O}} = 0,79 \cdot 361080,3 = 285253,44 \text{ кг}/\text{ч},$$

$$g_{\text{K}_2\text{CO}_3} = 0,2 \cdot 361080,3 = 72216,1 \text{ кг}/\text{ч},$$

$$g_{\text{CO}_2} = 0,01 \cdot 361080,3 = 3610,8 \text{ кг}/\text{ч}.$$

Азот, водород, могут в заметных количествах растворяться в воде содержащейся в водном растворе K_2CO_3 . Количество азота, водорода, растворившихся в единицу времени, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$V_{\text{N}_2} = b_{\text{N}_2} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \frac{273}{t + 273}; \quad (10)$$

$$V_{\text{H}_2} = b_{\text{H}_2} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \frac{273}{t + 273}, \quad (11)$$

где b_{N_2} , b_{H_2} – растворимость азота, водорода, в воде при температуре t нормальном давлении, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1761375 - 352275}{1000} = 1409,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ – объемный расход воды в водном растворе K_2CO_3 ; $t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура, при которой происходит растворение.

$$V_{\text{N}_2} = 0,0113 \cdot 1409,1 \cdot \frac{273}{50 + 273} = 13,46 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$V_{\text{H}_2} = 0,0161 \cdot 1409,1 \cdot \frac{273}{50 + 273} = 19,17 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$y_{H_2} = \frac{147041}{89240,73} = 0,16;$$

$$y_{N_2} = \frac{68610,2}{89240,73} = 0,774;$$

$$y_{CO_2} = \frac{1024,5}{89240,73} = 0,011;$$

$$y_{\text{инерты}} = \frac{4901,93}{89240,73} = 0,055;$$

Расходы азота, водорода, в очищенном газе равны, м³/ч:

Вывод: В результате расчета материального баланса абсорбера был определен состав очищенного технологического газа от CO₂ на выходе из аппарата, количество регенерированного и насыщенного раствора K₂CO₃.

5. Безопасность жизнедеятельности

5.1 Охрана труда

Основная опасность промышленных объектов нефтепереработки представляет аварийная загазованность, пожары и взрывы. Многие из продуктов взрывопожароопасные или токсичные. Ежегодно в мире на нефтеперерабатывающих предприятиях происходит до 1,5 тысяч аварий, 4% которых уносят значительное количество человеческих жизней. Аварийность имеет тенденцию к росту. Совершенствование технологических процессов и оборудования является важным фактором повышения уровня безопасности производства. Характеристика производственных помещений по взрывоопасности. Операторная категория пожарной опасности Д. Класс по ПУЭ – не взрывоопасна. Насосная Категория А. Класс по ПУЭ – В –1а. Территория установки. Категория А. Класс по ПУЭ-В-1г.

Характеристика вредных веществ.

1. Окись углерода (СО). Бесцветный, ядовитый, огневзрывоопасный газ, без вкуса, с очень слабым запахом. Горит синеватым пламенем. ПДК-20мг/м³. Пределы взрывоопасности 13-75% об. Основные симптомы: потеря сознания, отдышка, удушье.

2. Сероводород – H₂S. Бесцветный газ с запахом тухлых яиц. Общий характер действия на организм : сильный нервный яд, вызывающий смерть от остановки дыхания, на дыхательные пути действует раздражающе. ПДК – 10 мг/м³. Пределы взрывоопасности 4,3-45,5 % . Индивидуальные защитные средства – фильтрующий противогаз марки «В».

3. Жирный газ. Агрегатное состояние при нормальных условиях – газообразное. Плотность паров по воздуху – 1,98.

4. Бензины. Класс опасности 4. Общий характер действия на организм – как наркотик. Крекинг бензин токсичнее бензинов прямой гонки. При концентраций любого бензина 35000-40000 мг/л опасны для жизни даже при вдыхании 5-10 минут. ПДК-100 мг/м³ . Предел взрываемости 0,87-8,75 %. При работе с бензином применяется противогаз марки «А».

Начальник установки производит ежедневно проверку рабочих мест оборудования, приборов, средств коллективной и индивидуальной безопасности, работоспособность сигнализаций и блокировок.

Охрана труда и техника безопасности – это комплекс методов, разработанных и направленных на охрану здоровья и безопасности сотрудников предприятий в процессе выполнения ими их рабочих обязанностей в рабочее время, а также при работе сотрудников с различным оборудованием. Охрана труда и техника безопасности регулируется рядом различных нормативно-правовых, законодательных актов, в том числе Трудовым Кодексом Республики Узбекистан, реализация данного направления обеспечивается согласованными совместными действиями органов власти Республики, субъектами органов власти Республики, органами местного самоуправления, работодателями, их объединениями, профсоюзами и другими уполномоченными лицами представительных органов по охране труда.

Охрана окружающей среды.

Социальное значение.

В середине нашего столетия резко обострилась проблемы связанные с химическим загрязнением биосфера, нередко приводящие к острым токсично-экологическим ситуациям. Основными источниками загрязнения атмосферы являются резервуары и сами нефтепродукты. Укрепление установок существенно сокращает выбросы вредных веществ в атмосферу.

Отходы и выбросы.

1. Отработанный раствор щелочи. Образуется постоянно. Отработанный раствор щелочи перерабатывается на установки СЦС. Количество 300 т/год.

2. Отработанные масла. Отработанные масла отводятся на установку регенераций масел. Сточные воды с охлаждающих насосов направляются на биологическую очистку УВК и ОСВ. Место сброса в промышленную канализацию после локальной очистки.

Мероприятия по охране окружающей среды.

Мероприятия по сокращению выбросов при режиме 1:

1. Усилить контроль за точным соблюдением технического режима согласно технологическому регламента.

2. Запретить работу оборудования на форсированном режиме.

3. Усилить контроль за работой технологического оборудования, запорной арматуры, приборов КИП и А.

4. Прекратить продувку, пропарку, чистку оборудования и ремонтные работы, связанные с повышенным выделением вредных веществ в атмосферу. Выбросы всего по цеху с мероприятиями 130,205 г/сек.

5.2 Требования по технике безопасности

Техника безопасности – это комплекс мероприятий организационно-технического характера, которые направлены на создание безопасных условий труда на предприятии, позволяя снизить или исключить производственный травматизм. Для этого проверяют исправность действующего оборудования, защитных приспособлений к машинам, станкам, нагревательным установкам. Оптимизируют с целью безопасности условия работы, обеспечивая хорошую освещенность рабочих мест и производственных помещений, хорошую вентиляцию, своевременное удаление пыли и отходов производства, поддержание нормальной температуры в помещениях. Лицом, ответственным за выполнение условий безопасности труда на предприятии, проводится инструктаж по правилам техники безопасности на предприятии в целом и при работе с конкретным оборудованием, обучение персонала и проверка знаний о правилах безопасности. Также охрана труда на предприятии включает в себя обеспечение персонала инструкциями по технике безопасности, оснащение рабочих мест плакатами и наглядными пособиями по работе с оборудованием и изображениями, визуализирующими наиболее опасные места на производстве и действия, предотвращающие производственный травматизм.

Требования по технике безопасности к сотрудникам предприятия

Чтобы снизить производственный травматизм, сотрудники также обязаны придерживаться определенных требований и правил поведения на рабочем месте, которые предусматривает техника безопасности:

- надевать спецодежду, которая должна быть в полном порядке, а также рабочую обувь;

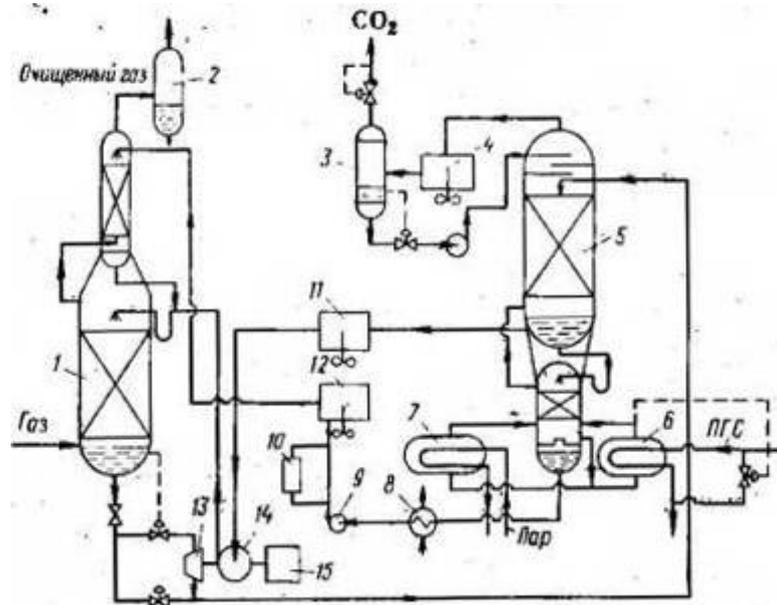
- перед началом работы подготовить рабочее место, освободить его для работы, проверить освещенность и исправность оборудования;

- убедиться, что пол на рабочем месте в исправности, не скользит, и нет на полу посторонних предметов, об которые можно споткнуться;

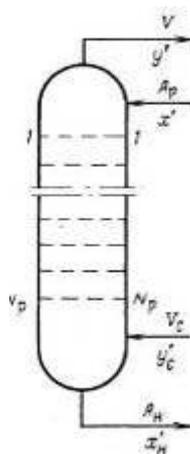
- во время работы с конкретным видом оборудования пользоваться защитными приспособлениями – перчатками, очками, сетками и другими.

5. Графическая часть

1. Технологическая схема очистки газа горячим раствором поташа, содержащим ДЭА



2. Схема материальных потоков



Выводы

В ходе курсовой работы проведен анализ литературных источников, рассмотрены физико-химические основы процесса абсорбции CO_2 , выбрана технологическая схема.

Выполнен расчет материального баланса. Рассчитан состав газа на выходе из аппарата, его масса и объем, найдена температура газа на выходе из абсорбера.

В ходе работы был выполнен чертёж технологической схемы очистки газа горячим раствором поташа, содержащим ДЭА и схема материальных потоков

Список литературы

1. И.Л. Гурьевич «Общие свойства и первичные методы переработки нефти и газа» М., Мир, 1993, 271 стр.
2. В. Смидович «Крекинг нефтяного сырья и переработка углеводородов», М., Химия, 2000, 327 стр.
3. Ч. Томас. «Промышленные каталитические процессы и эффективные катализаторы» М., Мир, 1993, 271 стр.
4. Е.Д. Радченко и др. «Промышленные катализаторы. Гидрогенизации переработки нефти» Л., Химия 1995, 274.
5. www.ziyonet.uz
6. www.neft-gaz.ru
7. www.oil-gas.at