



Газохимия

Лекция № 5.1

Подготовка природных газов к переработке

Лектор – к.т.н., доцент кафедры ХТТ Юрьев Е.М.



Литература

1. **Лапидус, Альберт Львович. Газохимия : учебное пособие /** А. Л. Лапидус, И. А. Голубева, Ф. Г. Жагфаров. — М. : ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. — 447 с.
2. **Технология переработки природного газа и конденсата:** Справочник в 2 ч. / Под ред. **В. И. Мурина** и др. — М.: Недра, 2002. - Ч. 1. — 517 с.



Нежелательные компоненты

ПГ и ПНГ содержат:

-кислые газы (H_2S и CO_2) - (*особенно в присутствии влаги*) высокое коррозионное действие, отравление катализаторов; H_2S и продукты сгорания ядовиты, вредное воздействие на окружающую среду;

-пары воды – (*понижение температуры, рост давления*) образование газовых гидратов, которые (*особенно в зимнее время*) забивают трубы, вентили и другое оборудование;



Нежелательные компоненты

ПГ и ПНГ содержат:

- механические примеси** (песок, окалины из труб и т.д.);
- капли:**
 - машинного масла;
 - нефти;
 - водного и углеводородного конденсатов.

Капли жидкости и механические примеси оказывают ударное воздействие на движущиеся части газовых компрессоров, затрудняют дальнейшую переработку газа, могут забить трубы и оборудование.



Методы очистки газов от механических примесей

При выборе метода учитывают:

- вид загрязнений, их химические и физико-химические свойства;
- характер производства;
- возможность использования имеющихся в производстве веществ в качестве поглотителей;
- целесообразность утилизации отделенных примесей;
- затраты на очистку.

Сухая очистка:

- циклоны, осадительные аппараты и электрофильтры;

Мокрая очистка:

- мокрые циклоны, скрубберы, пенные аппараты;



Методы очистки газов от механических примесей

Группы аппаратов (*по способу воздействия на твердые частицы*):

- устройства для механической очистки газов, в которых твердые частицы отделяются **под действием силы тяжести, инерции или центробежной силы**;
- аппараты мокрой очистки газов, в которых твердые частицы **улавливаются жидкостью**;
- фильтры из пористых материалов**, на которых оседают частицы пыли;
- электрофильтры, в которых частицы осаждаются **в результате ионизации газа**.



Методы очистки газов от механических примесей

Пылеосадительная камера

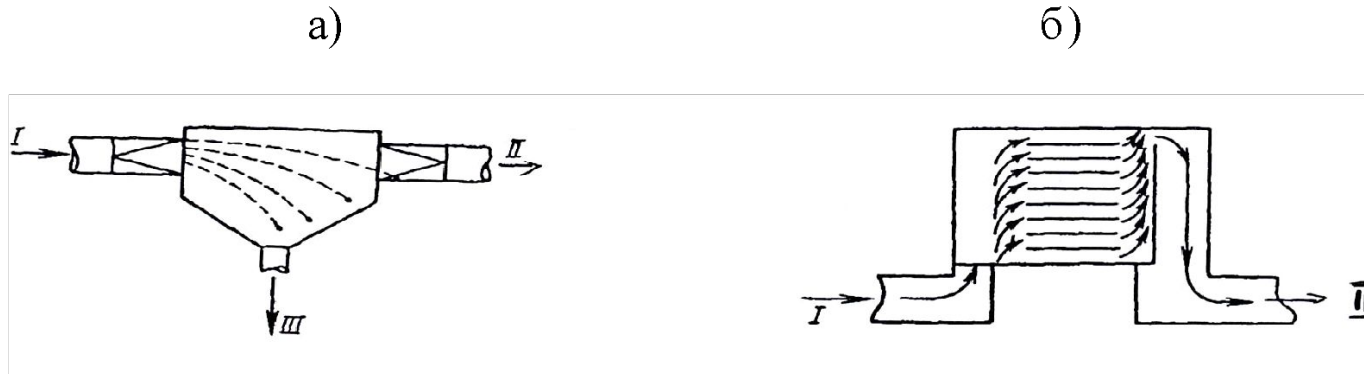


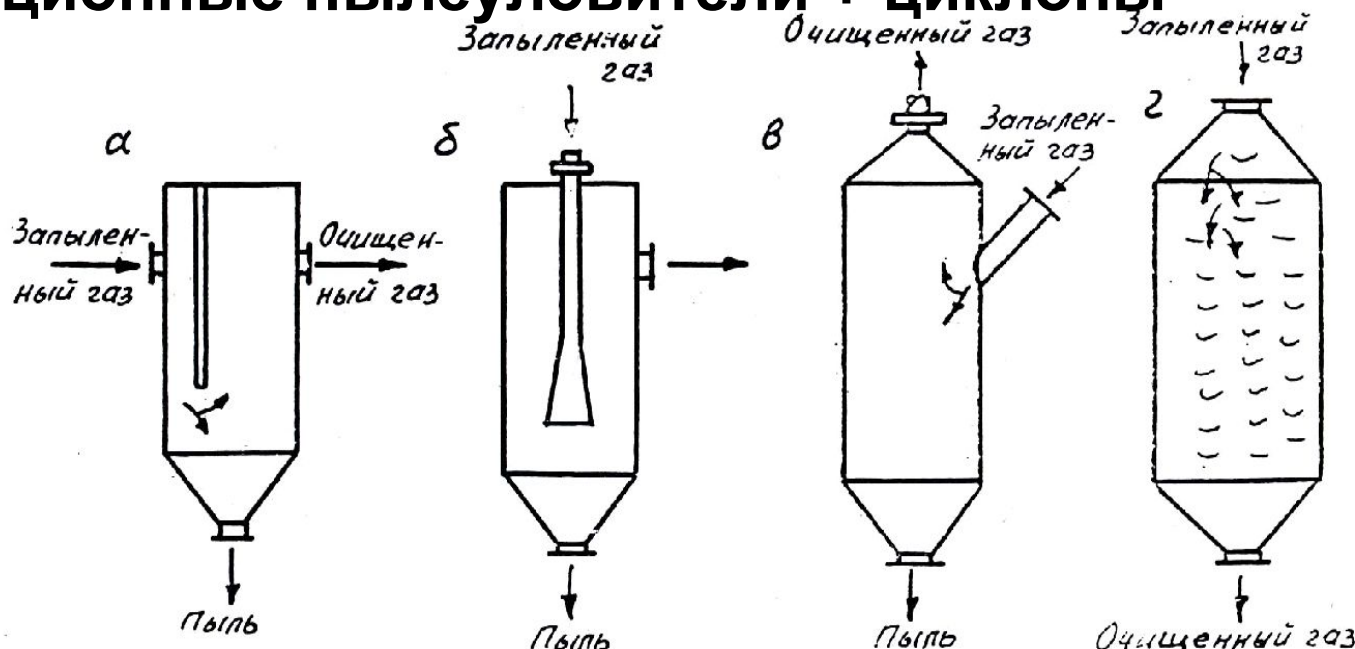
Рис. 6. а - Пылеосадительная камера; б - Осадительная камера Говарда:
I — запыленный газ, II — очищенный газ; III — пыль

- для предварительной очистки газов с улавливанием грубодисперсных частиц 50-500 мкм;
- преимущества** — малое гидравлическое сопротивление, простота конструкции и малая стоимость;
- недостатки** — громоздкость, небольшой коэффициент улавливания (не выше 40—45%).



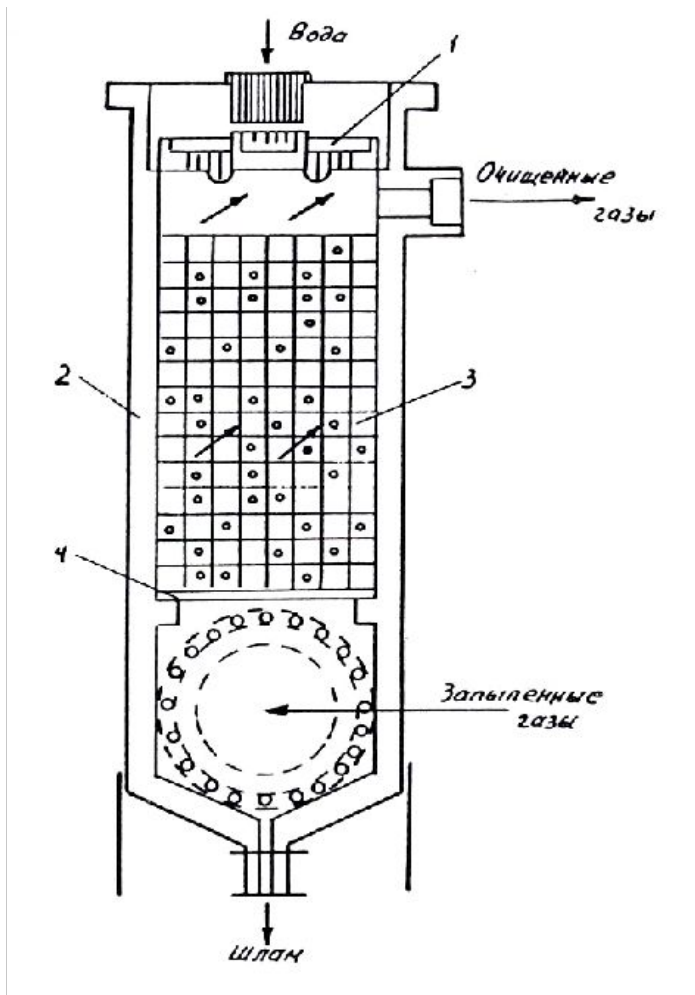
Методы очистки газов от механических примесей

Инерционные пылеуловители + циклоны



- резко меняется направление потока газа, частицы по инерции сохраняют направление движения, ударяются и осаждаются в бункере;
- только крупные частицы пыли 25-30 мкм (*жалюзийные* - <20 мкм);
- Циклон* - частицы пыли отбрасываются к стенкам циклона и по ним опускаются в коническую часть - скорость газового потока 5-20 м/с, эффективность обеспыливания 98% (30—40 мкм);
- Преимущества** — простота конструкции, небольшие размеры, отсутствие движущихся частей;
- Недостатки** —затраты энергии на вращение и большой абразивный износ частей аппарата под воздействием пыли.

Промывные башни



- Насадка – кольца Рашига;
- Рабочая жидкость – вода, как правило;
- Недостаток** – частая забивка насадки;

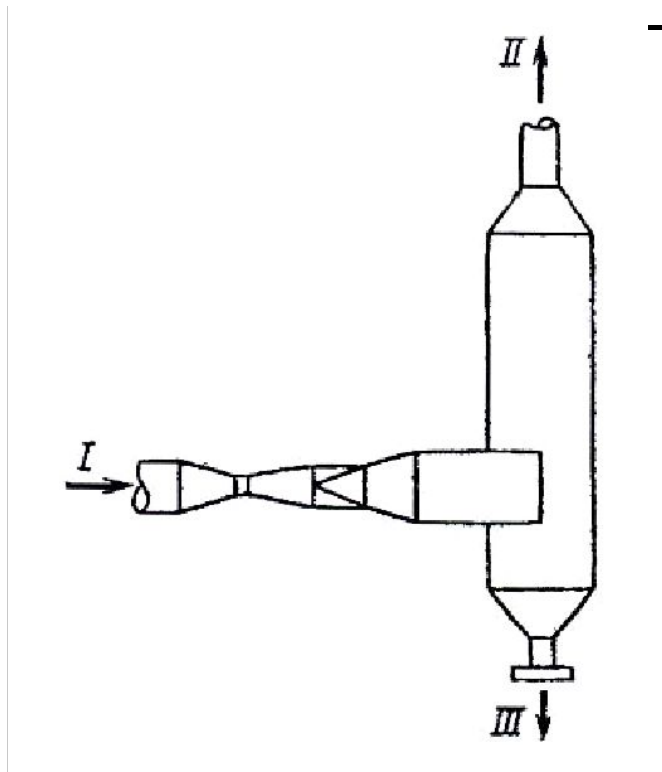
Рис. 9. Промывная башня

1- распределитель, 2- корпус, 3- насадка, 4- опорная пластина



Методы очистки газов от механических примесей

Скоростные газопромыватели



-под влиянием движущегося с большой скоростью газового потока капельки жидкости раздробляются - увеличивается поверхность их соприкосновения (<1 мкм);

Рис. 10. Скруббер Вентури

I - запыленный газ, II - очищенный газ, III - шлам,

Барботажные и пенные аппараты

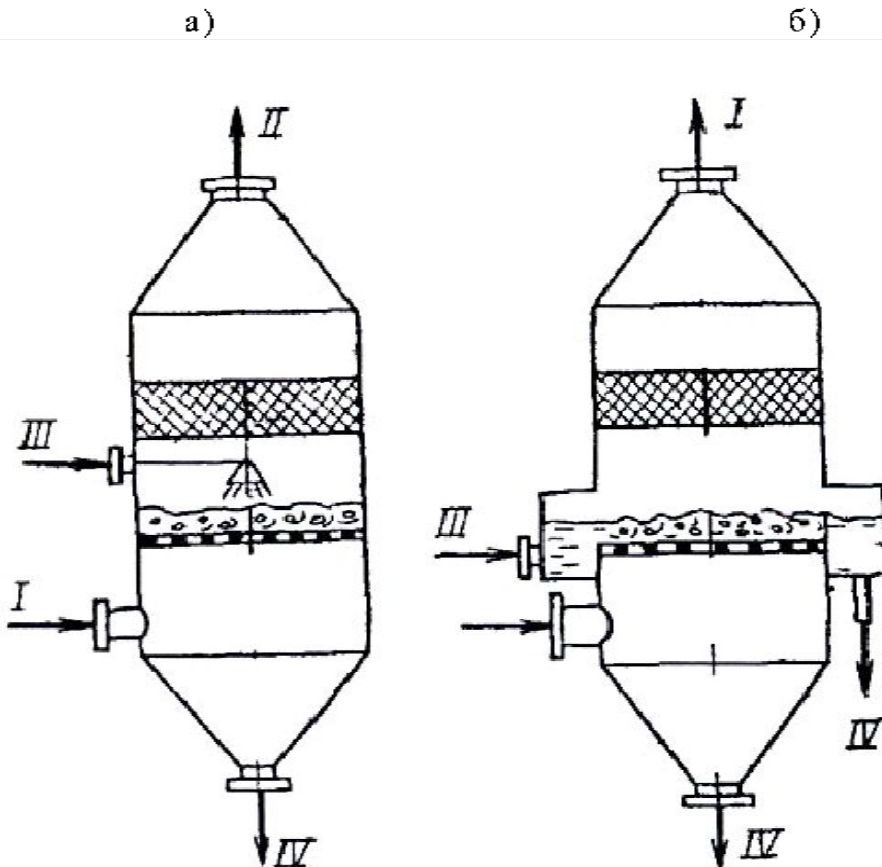


Рис. 12. Пенные аппараты:

а—с провальнй решеткой; б—с переливнй решеткой, в—скруббер с псевдооживенной шаровой насадкой, I—запыленный газ, II—очищенный газ, III—жидкость; IV—шлам

Пена образуется:

- при продувке ее снизу воздухом;
- при ударе воздушного потока о поверхность жидкости;

Эффективность - >5 мкм - 92-99%;

Недостатки:

- большой расход воды при отсутствии ее циркуляции;
- необходимость иметь отстойники;
- возможность щелочной или кислотной коррозии;
- отрицательное влияние влаги на процесс дальнейшей переработки газа.



Методы очистки газов от механических примесей

Фильтры

Тканевые

-**Рукавные** и **рамочные**;

-синтетические невлагоемкие ткани;

Зернистые

-работают при очень высоких t и в агрессивных средах, способны выдерживать большие механические нагрузки, резкие перепады давления и температуры;

-**Насыпные** - песок, галька, шлак, дробленые горные породы, древесные опилки, резиновая крошка, кокс, пластмассы, графит;

-**Жесткие пористые** - керамические, металлокерамические, металлопористые – **недостатки**: высокая стоимость, большое гидравлическое сопротивление и необходимость частой регенерации;

Электрофильтры

-Эффективность – до 99,9%;

-**трубчатые** и **пластинчатые**

-**Недостатки** — высокая стоимость, сложность эксплуатации;



Методы очистки газов от механических примесей

Фильтры

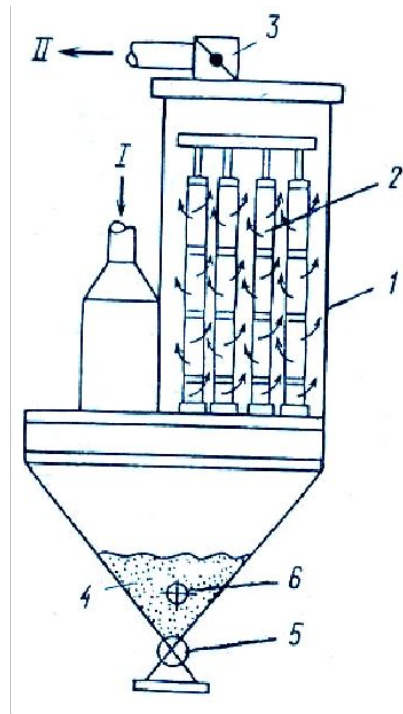


Рис. 13. Рукавный фильтр:
1—корпус, 2—рукава, 3—дрессель;
4—пыль, 5—затвор; 6—шнек;
I—запыленный газ, II—очищенный газ

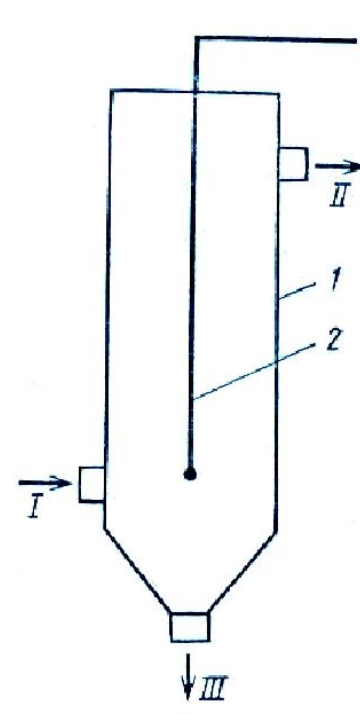


Рис. 14. Электрофильтр:
1—осадительный электрод (корпус);
2—коронирующий электрод;
I—запыленный газ; I—очищенный газ;
III—пыль.



Осушка газов

Влияние наличия влаги на транспортировку и переработку газа:

- 1) Образование конденсата – конденсатные пробки, гидратные пробки.
- 2) Образование агрессивных сред (при наличии в газе кислых компонентов).

Способы осушки:

- 1) Абсорбционные процессы (противо- и прямоточные).
- 2) Адсорбционные процессы.
- 3) Низкотемпературные процессы.

Основные параметры процесса при проектировании:

- 1) Определение необходимой точки росы по воде.
- 2) Принятие концентрации исходного и отработанного растворов осушителя.
- 3) Выбор оборудования.



Осушка газов. Общие положения

Влагоемкость (влажносодержание) газа - это количество паров воды (в г/м^3) в состоянии их насыщения (*max*) при данных температуре и давлении.

Абсолютная влажность газа - это фактическое содержание паров воды (в г/м^3 газа).

Относительная влажность – это отношение массы водяного пара, фактически находящегося в газовой смеси, к массе насыщенного пара, который мог бы находиться в данном объеме при тех же давлении и температуре, т.е. это отношение абсолютной влажности к влажосодержанию.

Относительную влажность также выражают отношением парциального давления водяных паров в газе к давлению насыщенного пара при той же температуре.



Осушка газов. Общие положения

Обычно, *глубина осушки* (остаточное содержание влаги) регламентируется точкой росы.

Точка росы - это температура при данном давлении, при которой пары воды приходят в состояние насыщения, т.е. это наивысшая температура, при которой при данном давлении и составе газа могут конденсироваться капли влаги. Чем глубже осушка, тем ниже точка росы: (-20 до -70) °С.

Точка росы по углеводородам — характеризует конденсацию углеводородов из газа.

Абсолютная точка росы — это температура, при которой из газа начинает выделяться жидкая фаза.

Депрессия точки росы — это разность точек росы влажного и осушенного газа.

Точка росы должна быть ниже температур технологической переработки газа



Методы осушки газов

Методы:

- Прямое охлаждение;
- Абсорбция;
- Адсорбция

или комбинирование этих способов.

Осушка охлаждением

При охлаждении газа при постоянном давлении избыточная влага конденсируется, а точка его росы соответственно снижается. Нижний предел охлаждения газа ограничивается условиями образования гидратов. Применяется в комбинации с другими методами (**для предварительного удаления основного количества влаги**).



Абсорбционная осушка

Основные факторы процесса:

Повышение **давления** снижает влагосодержание газа и, следовательно, уменьшает количество раствора, которое необходимо подавать на осушку.

В значительной степени осушка зависит от **температуры контакта** газ - абсорбент. Повышение **температуры контакта** увеличивает парциальное давление воды над абсорбентом и тем самым повышает точку росы осушаемого газа. Обычно абсорбционная осушка проводится при температуре осушаемого газа не выше 45-50°C.



Абсорбционная осушка

Основные факторы процесса:

Природа абсорбента и его концентрация:

- кратность абсорбента*, т. е. количество гликоля, циркулирующее в системе, на 1 кг извлекаемой влаги (10-35 для ТЭГ);
- концентрация абсорбента*: чем меньше воды содержится в абсорбенте, тем ниже точка росы осушаемого газа;
- Температура разложения абсорбента/температура десорбции* - 164°С (ДЭГ) и 206°С (ТЭГ). При концентрации гликоля 96-97% депрессия точки росы не более 30°С, при 99% - не более 40°С, при 99,5% - 50-70°С.



Абсорбционная осушка

Основные факторы процесса:

Природа абсорбента и его концентрация:

-потери гликоля:

-с механическим уносом;

-разложением;

-окислением при регенерации;

-испарением в потоке осушенного и отпарного газов;

-уносом с конденсатом воды и ее парами,
выходящими с верха десорбера;

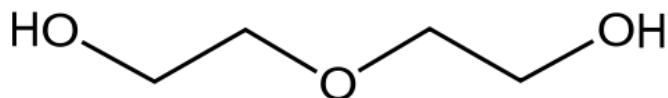
-за счет растворения в углеводородном конденсате.

Чем тяжелее гликоль тем ниже потери.

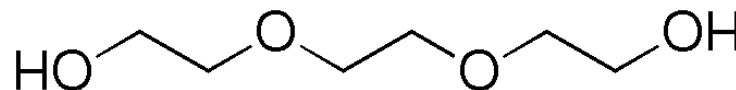


Абсорбционная осушка газов

- 1) Требования к осушителям.
- 2) Применяемые осушители.



Диэтиленгликоль



Триэтиленгликоль

- 3) Основные показатели (сравнение ДЭГ и ТЭГ):
 - Депрессия точки росы

Равновесная точка росы газа по влаге при его осушки растворами ДЭГа и ТЭГа

Температура контакта, °С	98,0		99,0		99,5	
	ДЭГ	ТЭГ	ДЭГ	ТЭГ	ДЭГ	ТЭГ
5	-24,0	-31,5	-31,7	-38,0	-36,0	-44,0
10	-20,6	-27,1	-28,5	-35,3	-34,5	-41,7
20	-14,4	-20,0	-21,7	-28,4	-27,8	-35,0
30	-6,2	-13,3	-15,2	-22,5	-21,7	-27,8
35	-2,4	-8,0	-11,5	-18,5	-18,8	-25,1
40	+0,7	-5,0	-9,2	-15,8	-15,8	-23,0



Абсорбционная осушка газов

Основные показатели (сравнение ДЭГ и ТЭГ):

- Потери гликолей:

При температурах контакта 10-20 °С потери составляют:

- 0,2-1,5 г ТЭГ на 1000 м³ переработанного газа;
- 1-5 г ДЭГ на 1000 м³ переработанного газа;

- Регенерация насыщенных растворов:

ТЭГ имеет более высокую T начала разложения – 206 °С, чем ДЭГ – 164 °С, значит:

- без применения вакуума раствор ТЭГ можно концентрировать сильнее – возрастает поглотительная способность;
- ДЭГ нельзя нагревать свыше 164 °С, значит в насыщенном растворе останется часть конденсата УВ – ухудшится его поглотительная способность;



Абсорбционная осушка газов

Температура
контакта – 10-20 °С

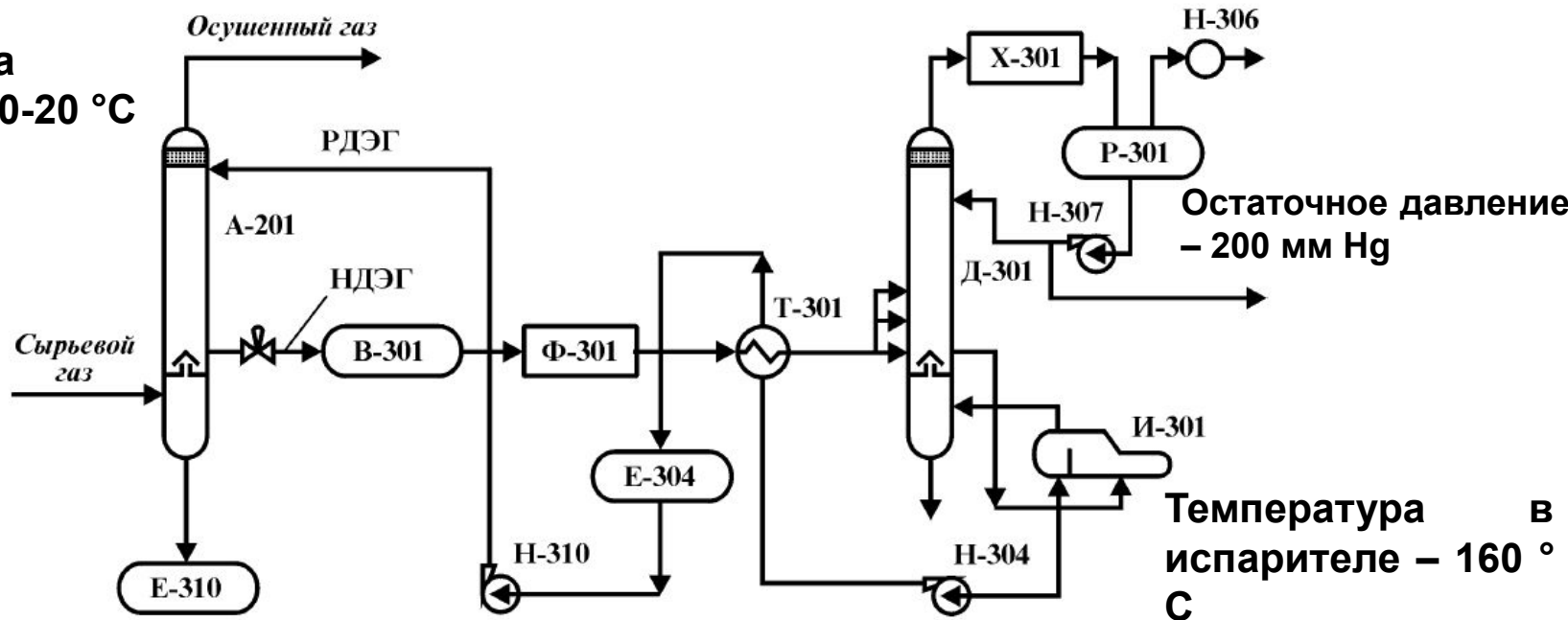


Рис. 2.25. Принципиальная технологическая схема установки осушки газа Уренгойского месторождения

А-201 – колонна диам. 1,6 м., высота 16 м, имеет 3 секции: сепарационную, массообменную и секцию улавливания гликоля.

Концентрация воды в: РДЭГ – 1,4-1,8 %; НДЭГ – 5-7 %;

Расход газа – 1,2-1,3 млн. м³/ч (проектные - 3 млн. м³/ч)

Подача РДЭГ – 4 кг/млн. м³

Точка росы по влаге – (-18)-(-22) °С



Абсорбционная осушка газов

Основные технологические параметры:

1) Давление – проект., как правило, 7,4 МПа; с падением пластового давления:

- увеличивается степень извлечения влаги;
- требуется стр-во ДКС (до или после абсорбера);

Влияние давления на показатели установки осушки газа

Показатели ¹	Давление, кгс/см ²				
	75	65	55	45	35
G_1	6991	7740	8760	10233	12547
G_2	7215	7984	9031	10545	12923
D_p	0,68	0,74	0,85	1,04	1,31
V_p^p	36,32	35,30	32,40	31,02	28,26
Q^p	379	419	474	554	679
Q_x	169	187	211	246	302
$Q_{рт}$	590	654	740	864	1060
V_e^e	3,22	3,60	4,11	4,83	5,96
N^e	17,2	16,5	15,8	15,3	15,5

¹ G_1 – количество раствора ДЭГа, подаваемого в абсорбер, кг/ч; G_2 – количество насыщенного раствора ДЭГа, кг/ч; D_p – равновесные потери гликоля в блоке осушки газа, кг/ч; V_p^p – количество газа дегазации, м³/ч; Q^p – тепловая нагрузка блока регенерации, тыс. ккал/ч; Q_x – тепловая нагрузка холодильника, тыс. ккал/ч; $Q_{рт}$ – тепловая нагрузка рекуперативного теплообменника, тыс. ккал/ч; V_e^e – количество газа, отводимого из рефлюксной жидкости, м³/ч; N^e – мощность насоса для подачи регенерированного раствора ДЭГа в абсорбер, кВт.



Абсорбционная осушка газов

Основные технологические параметры:

2) Температура – чем ниже T газа (T контакта), тем *меньше* его *равновесная влагоемкость* – требуется *меньший расход абсорбента* – снижаются затраты на перекачку и аппараты – но *выше вязкость раствора*;

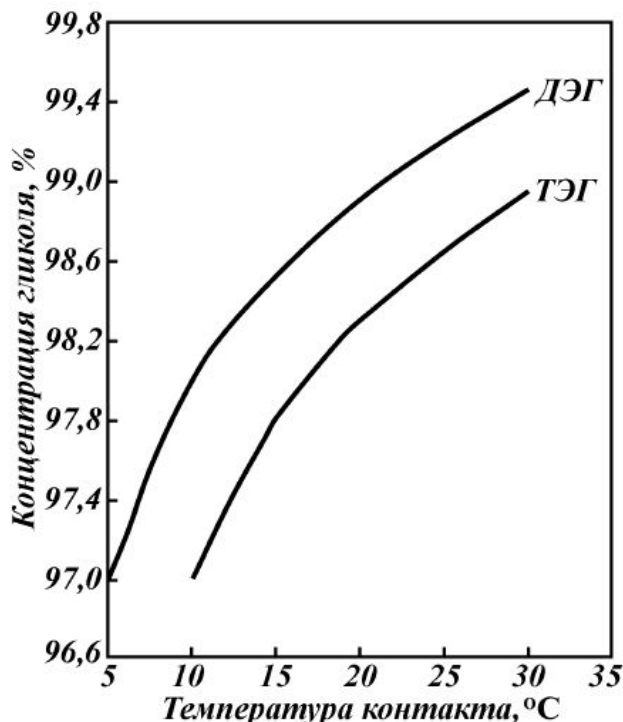


Рис. 2.36. Зависимость между температурой контакта и требуемой концентрацией гликоля в растворе для осушки газа до точки росы минус 20 °C

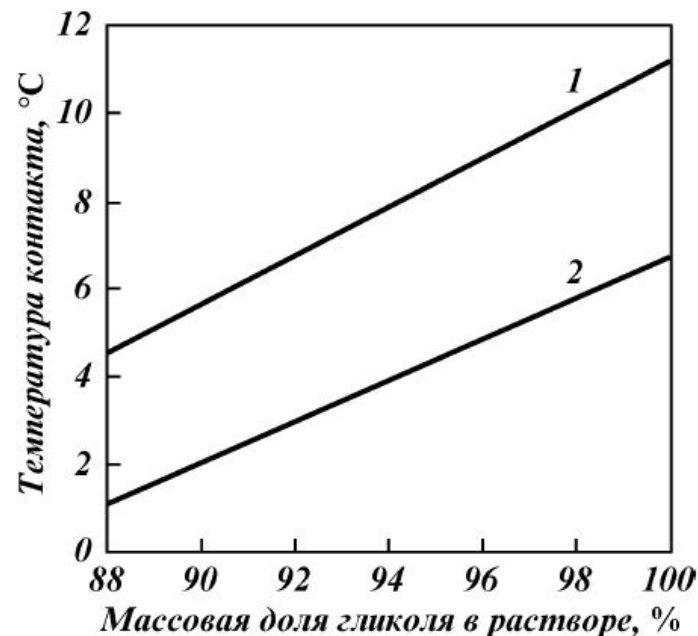


Рис. 2.37. Зависимость оптимальной температуры контакта от концентрации раствора гликоля: 1 – ТЭГ; 2 – ДЭГ



Адсорбционная осушка

Типы твердых осушителей:

- силикагели;
- Алюмосиликагели;
- активированный оксид алюминия;
- Бокситы;
- молекулярные сита (цеолиты).

Требования к осушителю:

- должен быстро поглощать влагу из газа;
- легко регенерироваться;
- выдерживать многократную регенерацию без существенной потери активности и прочности;
- иметь высокую механическую прочность и поглотительную способность;
- оказывать малое гидравлическое сопротивление газу;
- иметь невысокую стоимость.



Адсорбционная осушка газов

Используемые адсорбенты:

- Силикагели

Преимущества – низк. Т регенерации, низк. себестоимость;

Недостатки – низк. прочность в присутствии воды; чувствительность к тяжелым УВ (C_{5+}); низкая термическая стойкость (не выше 220-250 °С); быстрая потеря активности в 2-3 раза по сравнению с первоначальной; сильная чувствительность к скорости осушаемого газа.

-Цеолиты

Преимущества – высокая депрессия точки росы; высокая прочность; низкие эксплуатационные расходы; постоянная адсорбционная емкость – стабильная работа; высокая эффективность при низких содержаниях воды;

Недостатки – высокая стоимость; высокая температура регенерации; склонность к закоксовыванию пор;



Адсорбционная осушка газов

В адсорбере 3 слоя:

- Муллит (диам. 7-40 мм.) – распределяет поток газа;
- Защитный слой, крупнопористый силикагель типа В;
- Основной осушающий слой, мелкопористый силикагель типа А.

Срок службы адсорбента – 2 года.

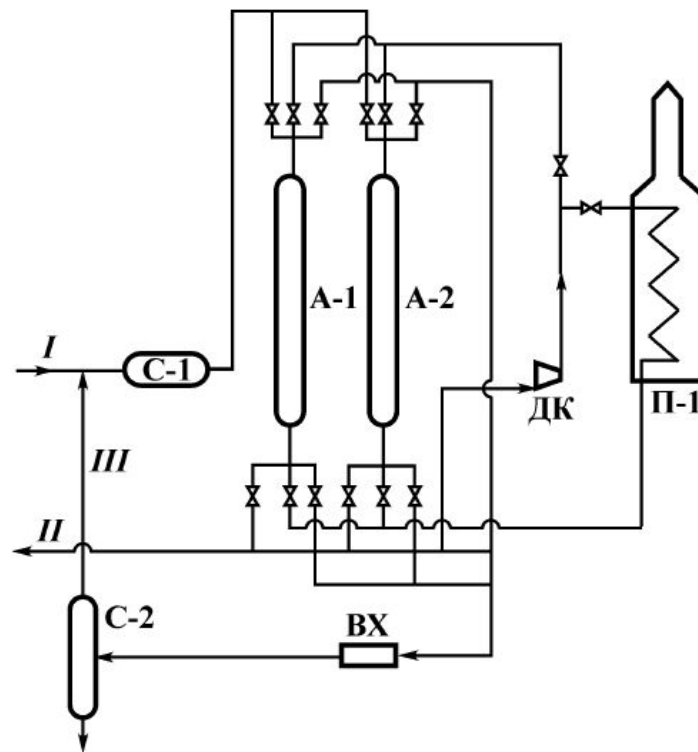


Рис. 2.44. Принципиальная технологическая схема адсорбционной установки осушки газа месторождения Медвежье:

I – влажный газ; *II* – осушенный газ; *III* – отработанный газ регенерации; А-1, А-2 – адсорберы; П-1 – печь; С-1, С-2 – сепараторы; ВХ – воздушный холодильник; ДК – дожимной компрессор (газодувка)

Проектные показатели адсорбционной установки Медвежьего месторождения

Показатели	Стадии процесса**		
	Адсорбция	Десорбция	Охлаждение
Расход газа	250	8,1	8,1
Давление, ата	77	78,5	78,5
Температура, °С	14-16	180-210	До 50
Длительность цикла, ч	12-35	8-20	4-6
Скорость газа в адсорбере, м/с	0,15		

* В конце срока эксплуатации силикагеля (через 2 года).
 ** Направление потока сверху вниз.



Адсорбционная осушка

Полный цикл работы одного аппарата:

-адсорбция при температуре 35 - 50°С, давлении 8-12 МПа, длительности контакта газа с адсорбентом не менее 10 с (скорость газа в аппарате 0,15 - 0,30 м/с).

Длительность адсорбции выбирают исходя из адсорбционной емкости поглотителя, начальной и конечной влажности газа, загрузки адсорбента в аппарате;

-нагрев адсорбента, который производится после переключения аппарата с режима адсорбции на десорбцию. Нагрев ведется горячим газом со скоростью не более 60°С в час. Время - 0,6-0,65 от периода адсорбции;



Адсорбционная осушка

Полный цикл работы одного аппарата:

-десорбция - вытеснение из пор адсорбента поглощенной воды и восстановление его адсорбционной активности. Она начинает происходить, когда температура адсорбента достигнет 200-250 °С (силикагели) или 300-350 °С (цеолиты). Горячий газ проходит слой адсорбента в направлении, противоположном направлению осушаемого газа;

-охлаждение адсорбента, его начинают после завершения десорбции и переключения аппарата на режим адсорбции (осушки). Охлаждение ведут исходным холодным газом. Время охлаждения - 0,35-0,40 времени адсорбции.



Адсорбционная осушка

Преимущества:

- высокая степень осушки газа вне зависимости от его параметров (депрессия ТР до 100°С) – *адсорбционная осушка* обязательна для заводов по производству гелия (!);
- компактность установки;
- малые капитальные затраты для установок малой мощности;

Недостатки:

- большие расходы на адсорбент;
- высокое сопротивление потоку газа;
- большие затраты при строительстве установок большой мощности;