

## СВЕРХЗВУКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПРИРОДНОГО И ПОПУТНОГО ГАЗА



**В. Е. БОРИСОВ,**  
ООО «ЭНГО Инжиниринг»  
Российская Федерация



**Г. А. ТАРАСОВ,**  
ТОО «ИНЖИНИРИНГОВАЯ КОМПАНИЯ  
«КАЗГИПРОНЕФТЕТРАНС»  
Республика Казахстан

### Ведение

Первые сведения об успешном испытании сверхзвуковых технологий обработки природных газов появились в начале 90-х годов прошлого века. В частности, первый патент, относящийся к прототипам сверхзвуковых сепараторов, успешно используемых в настоящее время, относится к 1998 г. Этот патент был получен компанией TransLang technologies Ltd. [1], позднее права на этот патент были переданы компании ENGO. Одной из первых статей, в которой детально рассматривались основные принципы сверхзвуковой технологии и ее основные преимущества, можно считать статью «Supersonic nozzle efficiently separates natural gas components» [2], опубликованную в 2005 г. в авторитетном журнале «Oil&Gas Journal».

За последующие десять лет рядом компаний ведется отработка сверхзвуковых технологий переработки природных и попутных газов. За это время эти технологии прошли путь от теоретических изысканий и лабораторных испытаний до крупных промышленных установок. Основным принципом, лежащим в основе этих технологий – это осуществление сепарации отдельных компонентов за счет сильного охлаждения газа, достигаемого в сверхзвуковых закрученных потоках газа. В процессе такого охлаждения происходит конденсация тяжелых

фракций, входящих в состав природного газа, а за счет закрутки потока, обеспечивается сепарация из газа образовавшихся капель конденсата

В настоящее время в мире эксплуатируется четыре установки сверхзвуковой сепарации газа.

Большинство эксплуатируемых промышленных установок сверхзвуковой сепарации предназначены для подготовки газа к транспорту и извлечения LPG. В этих установках происходит отделение из газа тяжелых фракций тяжелее пропана и воды.

По сравнению с существующими низкотемпературными процессами переработки газа, в которых обычно охлаждение газа осуществляется за счет расширения газа в клапане Джоуля–Томсона или турбодетандере, либо за счет применения холодильных машин, технология сверхзвуковой сепарации обеспечивает следующие преимущества:

- высокая надежность, обусловленная отсутствием вращающихся механических деталей;
- высокая эффективность, связанная с возможностью обеспечения очень низких температур газа внутри сверхзвукового устройства;
- минимальные эксплуатационные затраты;
- возможность работы установок без обслуживающего персонала.

За счет обеспечения высокой скорости потока в установках сверхзвуковой сепарации, удается обеспечить малые размеры установок. Так при расходе газа 100 MMSFD и давлении газа 100 bar устройство для сверхзвуковой сепарации имеет длину порядка 2 метров. Это обстоятельство делает технологию сверхзвуковой сепарации чрезвычайно перспективной для использования на офшорных месторождениях. А высокая надежность этих устройств, обусловленная отсутствием вращающихся механических элементов, по-видимому, приведет к широкому использованию данных технологий в подводных добычных комплексах.

В последнее время наблюдается огромный прогресс в разработке сверхзвуковой технологии для сепарации из природных газов кислых компонентов, таких как  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ . Сепарация кислых компонентов при этом осуществляется при условиях, соответствующих образованию кристаллического  $\text{CO}_2$ . Однако, за счет того, что время нахождения образовавшихся капель в сверхзвуковом сопле составляет 0.0001–0.001 сек., процессы кристаллизации не успевают пройти, и поэтому как показали проведенные испытания, возможно обеспечение очистки природных газов от кислых компонентов. При этом концентрация кислых компонентов в газе может быть уменьшена до 2–3 % mol. при любой их концентрации во входном газе.

### 3S-технология сверхзвукового разделения

В последние годы интенсивно развивается новое направление в сепарации природного газа – это технология сверхзвукового разделения, получившая название 3S-технология (SuperSonicSeparation). [1–2].

Технология базируется на охлаждении природного газа в сверхзвуковом закрученном потоке газа. Сепараторы, изготовленные в соответствии с этой технологией, позволяют не только отделить от газа жидкость, но также произвести отбор отдельных целевых фракций углеводородов. Данная технология позволит реализовать подводную подготовку газа к транспорту, заключающуюся в обеспечении необходимых точек росы по воде и углеводородам в транспортируемом с морского месторождения газе.

В технологии сверхзвуковой сепарации сверхзвуковой поток газа реализуется с помощью конфузorno-диффузornoго сопла Лавалья. В таком сопле газ разгоняется до скоростей больших скорости распространения звука в газе. При этом за счет перехода части потенциальной энергии потока в кинетическую энергию происходит сильное охлаждение газа.

Расширение природного газа даже до небольших чисел Маха ( $M \sim 1.5–2.0$ ) позволяет охладить газ до температур, достаточных для конденсации не только компонентов тяжелее пропана, но даже и этана. При этом для достижения криогенных температур природного газа не требуется дополнительных источников холода, таких как: холодильники, турбодетандеры и т.д. В 3S-технологии отбор сконденсировавшихся в сверхзвуковом сопле капель конденсата, содержащих целевые компоненты, осуществляется под воздействием центробежных сил. Поле центробежных сил создается посредством закрутки потока в форкамере сверхзвукового сопла.

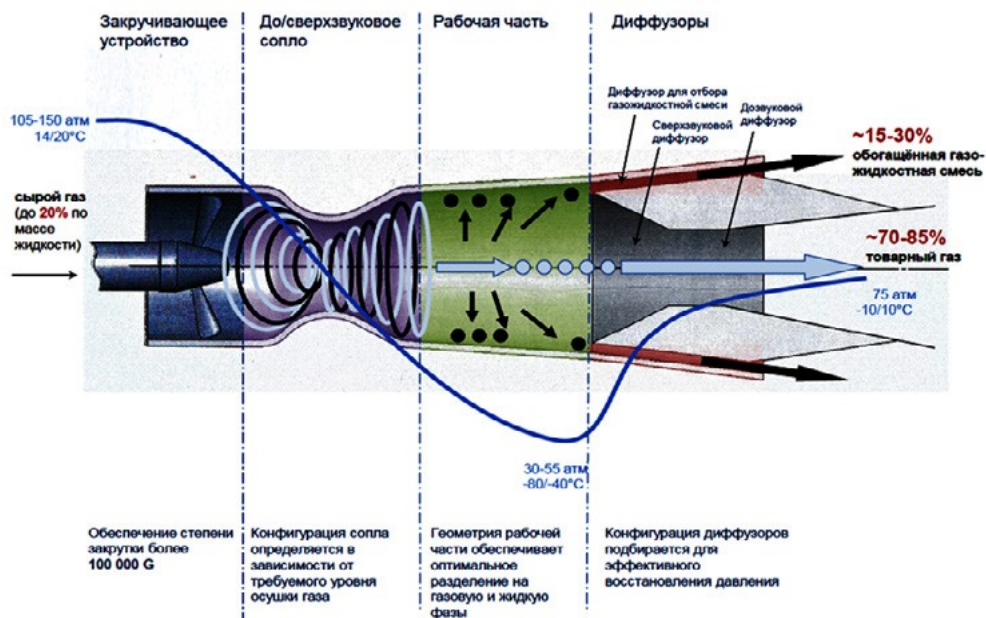
Принципиальная схема установки, реализующей 3S-технологию (далее 3Sсепаратор), представлена на *рисунке 1*.

3S-сепаратор включает в себя: закручивающее устройство, до/сверхзвуковое сопло, рабочую часть, устройство отбора газожидкостной смеси, диффузоры.

Применение диффузора на выходе из рабочей части 3S-сепаратора позволяет за счет торможения преобразовать часть кинетической энергии потока в потенциальную, что обеспечивает получение существенно большего давления газа на выходе из диффузора, чем статического давления газа в сверхзвуковом сопле, при котором происходит конденсация целевых компонент.

3S-технология, как способ и устройства, работающие на его основе, запатентованы в России и странах СНГ, а также в США, Канаде, Австралии, Великобритании, Франции, Нидерландах, Испании, Италии и ряде других стран.

В данный момент в промышленной эксплуатации находятся три установки сверхзвуковой сепарации. Эти установки смонтированы на газоперерабатывающих



**Рисунок 1 – Принципиальная схема 3S-сепаратора**

объектах ОАО «Роснефть» (фото 1) и на месторождении китайской государственной компании Petrochina (фото 2).

Установка 3S-сепарации, смонтированная в 2007 г. в ОАО «Роснефть» на УКПГ Губкинского месторождения, предназначена для извлечения из природного газа воды и тяжелых углеводородов. Установка позволила понизить точки росы по углеводородам и воде на 20°C, по сравнению со стандартной схемой с клапаном Джоуля–Томсона, используемой ранее на этом объекте. Данная установка успешно эксплуатируется до сих пор и обеспечивает подготовку до 80 000  $\text{м}^3/\text{час}$  природного газа при входном давлении газа 70–80 атм.

В 2011 г. в компании Petrochina был успешно запущен блок 3S-сепарации на установке переработки газа месторождения УАНА. Данный блок, включающий в себя два 3S-сепаратора, позволил более чем на 20°C снизить точку росы по воде и



**Фото 1 – Установка 3S-сепарации на УКПГ Губкинского месторождения ОАО «Роснефть»**



**Фото 2 – Блок 3S-сепарации на УПГ месторождения YANA компании Petrochina**

углеводородам в товарном газе, по сравнению со стандартной схемой с клапаном Джоуля–Томсона, используемой ранее на этом объекте. При этом давление газа на входе в установку составляло 108 атм., расход газа – 160 000 нм<sup>3</sup>/час.

В 2009 г. на Заполярном месторождении ОАО «Газпром» (*фото 3*) были успешно проведены межведомственные испытания 3S-сепаратора. По результатам этих испытаний 3S-сепараторы были рекомендованы к применению на других объектах ОАО «Газпром». [3]



**Фото 3 – Установка 3S-сепарации на Заполярные месторождения ОАО «Газпром»**

В 2014 г. проведен успешный запуск установки 3S-сепарации на Северо-Комсомольском месторождении ОАО «Роснефть» (фото 4). Установка обеспечивает подготовку газа к транспорту и обеспечивает точку росы по воде и углеводородам в товарном газе ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ .



**Фото 4 – Установка 3S-сепарации на Северо-Комсомольском месторождении ОАО «Роснефть»**

В настоящее время ведется монтаж установок 3S-сепарации на еще пяти объектах переработки газа в России и за ее пределами.

Основные преимущества 3S-сепараторов, по сравнению с традиционными технологиями сепарации углеводородов из природного газа, заключаются в следующем: малые габариты, отсутствие движущихся частей, отсутствие

потребности в постоянном обслуживании, способность использовать энергию пласта, and, и как следствие, уменьшение капитальных и эксплуатационных затрат.

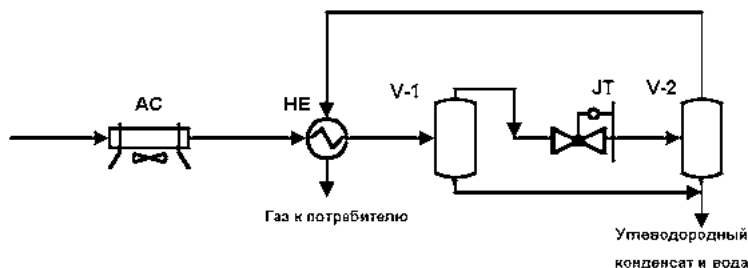
## основные особенности использования 3S-технологии для подготовки газа к транспортировке

В настоящее время основной схемой подготовки природного газа к транспортировке на месторождениях со средним и высоким пластовым давлением газа является схема низкотемпературной сепарации газа (НТС).

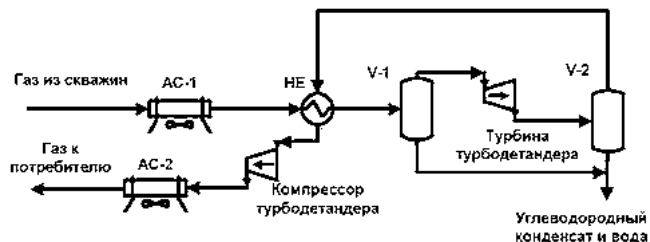
При этом целью такой подготовки газа может быть, как обеспечение точки росы по углеводородам и воде, так и, в некоторых особых случаях, обеспечение необходимого уровня теплоты сгорания HV (Heat Value) подготовленного газа.

В начальный период эксплуатации месторождений для охлаждения газа в схемах НТС используют, в основном, только эффект Джоуля-Томсона, реализуемый посредством редуцирования давления газа в JT-клапане. При падении пластового давления газа обычно переходят на использование в схемах турбодетандерных агрегатов, в которых охлаждение газа достигается не только за счет эффекта Джоуля-Томсона, но также посредством совершения газом дополнительной работы.

Базисные схемы НТС с использованием JT-клапана, а также турбодетандерного агрегата представлены на *рисунках 2 и 3*.



**Рисунок 2 – Схема низкотемпературной сепарации с дросселированием газа**

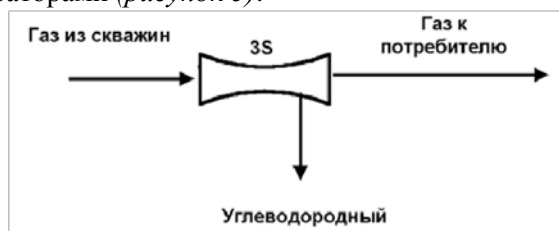


**Рисунок 3 – Схема низкотемпературной сепарации с турбодетандерным агрегатом**

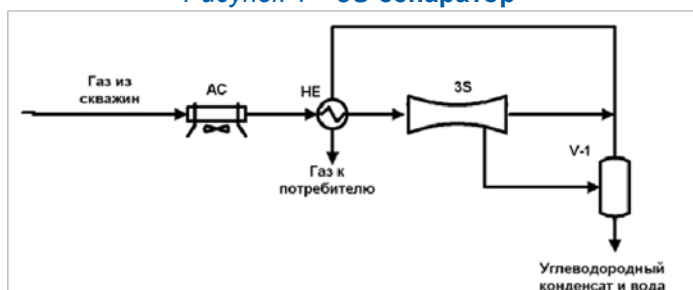
Пластовый газ охлаждают в теплообменнике при помощи морской воды или в аппарате воздушного охлаждения АС и в рекуперативном теплообменнике НЕ

и подают в первичный сепаратор V-1, где от газа отделяется жидкая фракция (вода и тяжелые углеводороды). Газовую фазу из сепаратора V-1 далее подают в JT-клапан, либо в турбодетандерный агрегат ТЕ. Охлажденный газ после JT-клапана или турбины турбодетандерного агрегата поступает в концевой низкотемпературный сепаратор V-2, в котором отделяют сконденсировавшиеся компоненты, и далее в теплообменник HE. После теплообменника, в схеме *рисунка 2*, газ подается в магистральный газопровод, по схеме *рисунка 3* газ сжимают в компрессоре турбодетандерного агрегата, охлаждают в аппарате воздушного охлаждения и также подают в магистральный газопровод.

Применение 3S-сепараторов позволяет улучшить работу описанных схем обработки газа. Последние испытанные образцы 3S-сепараторов могут быть использованы как без дополнительных устройств (*рисунок 4*), так и, в случае необходимости, в комбинации с рекуперативными теплообменниками и вторичными сепараторами (*рисунок 5*).



**Рисунок 4 – 3S-сепаратор**



**Рисунок 5 – Комбинированная схема использования 3S-сепаратора**

Наиболее интересным является случай использования 3S-технологии на месторождениях, где требуется поддерживать на выходе из установки подготовки газа давление подготовленного газа на уровне  $\sim 100$  атм. Высокий уровень давления газа на выходе из установки может быть обусловлен необходимостью транспортирования газа на большие расстояния. Особенно важно это для вариантов, в которых подготовленный газ необходимо транспортировать по подводному трубопроводу. Такой вариант в частности актуален при разработке месторождений, находящихся на значительном расстоянии от берега (Штокмановское месторождение и т.п.).



В этом случае обеспечить подготовку природного газа к транспортировке в большинстве случаев с помощью JT-клапана или турбодетандера невозможно.

Это связано с тем, что в стандартных схемах провести конденсацию целевых компонентов при давлениях, близких к 100 атм., невозможно.

На *рисунке 6* показана фазовая диаграмма природного газа в координатах «температура» и «давление». Внутри такой фазовой диаграммы природный газ представляет собой двухфазную смесь газа и жидкости. Для того чтобы в низкотемпературном технологическом процессе произошло разделение компонентов природного газа, необходимо, чтобы природный газ в какой-нибудь точке процесса существовал в двухфазном состоянии. В то же время для любого природного газа существуют критические значения давления (ССВ) и температуры (ССТ) газа, выше которых образование жидкой фазы невозможно. Для природных газов критическое давление часто не превышает 100 атм., именно поэтому при давлениях больше 100 атм. конденсацию и сепарацию компонент природных газов в стандартных низкотемпературных процессах провести невозможно.

На *рисунке 6* нанесены диаграммы изменения термодинамического состояния при последовательном прохождении природного газа через различные участки установок, схемы которых приводятся на *рисунках 2–4*.

P-T диаграмма A-D-F-E соответствует схеме установки с JT-клапаном, представленной на Рис.6, A-D'-F'-E'-E – схеме с турбодетандером (*Рис. 7*), A-B-C – схеме 3S-сепаратора (*рисунок 4*). Участки A-D, A-D' и F-E, F'-E' отражают прохождение газа через охлаждающие и нагревающие каналы рекуперативного теплообменника HE, D-F – дросселирование газа в JT-клапане, D'-F' – прохождение газа через турбину турбодетандера TE, E'-E – сжатие газа в компрессоре турбодетандера TE.

Диаграмма A-B-C соответствует прохождению газа через 3S-сепаратор (*рисунок 6*). Причем отрезок A-B соответствует расширению природного газа в сопле 3S-сепаратора, сопровождаемого процессом охлаждения газа, конденсации целевых компонентов и отделения сконденсировавшихся капель конденсата, участок B-C

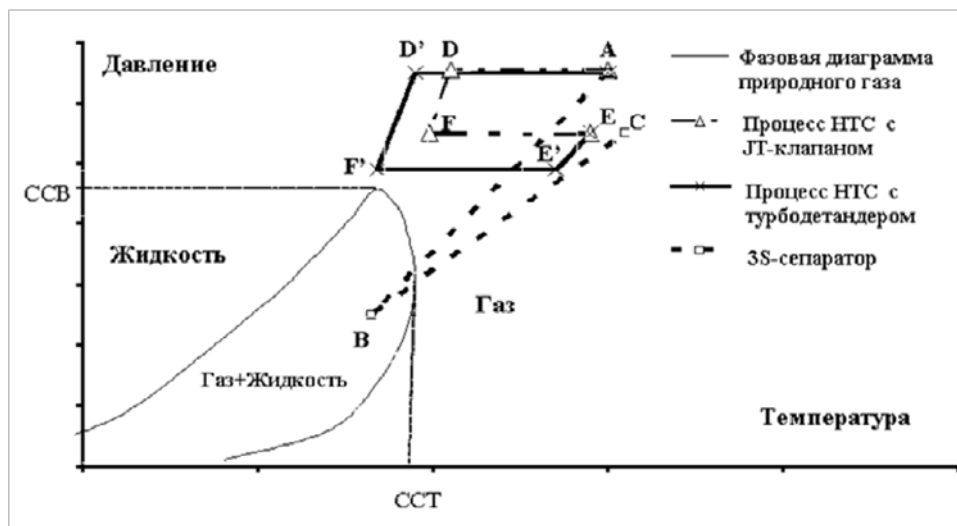


Рисунок 6 – Диаграммы различных процессов переработки природного газа в случае высокого давления газа на выходе из установки

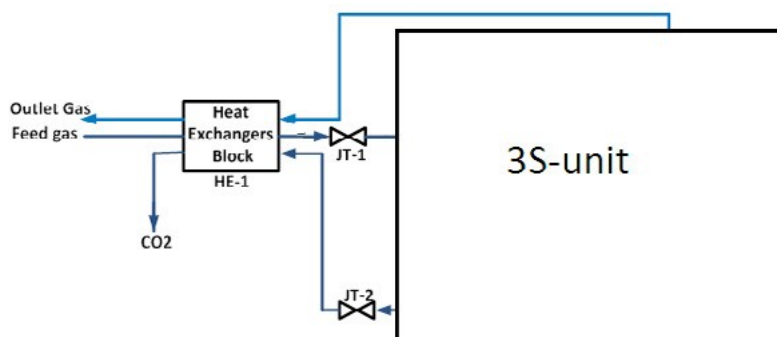


Рисунок 7 – Принципиальная схема 3S-установки сепарации природного газа

отражает сжатие газа в диффузоре 3S-сепаратора.

Для представленных на рисунке 6 случаев ни НТС с JT-клапаном, ни НТС с турбодетандером не обеспечивают конденсации компонентов газа, а, следовательно, и сепарацию целевых компонентов. В то время как за счет расширения газа до сверхзвуковых скоростей в сопловом канале 3S-сепаратора удается достаточно сильно охладить газ и провести сепарацию тяжелых компонентов.

Таким образом, применение 3S-технологии открывает новые возможности при подготовке газа к транспорту в подводных добычных комплексах, когда нужно обеспечить подготовку газа при максимально возможном уровне давлений газа.

### основные принципы использования 3S-технологии для извлечения углекислого газа

Принципиальная технологическая схема установки извлечения углекислого газа, базирующейся на использовании технологии 3S-сепарации, показана на рисунке 7.

В этой установке предварительно осушенный входной газ, содержащий большое количество  $\text{CO}_2$ , охлаждается в блоке теплообменников и после предварительного дросселирования направляется в ректификационную колонну. В ректификационной колонне происходит фракционирование входящей смеси, при этом с нижней части колонны отбирается конденсат, содержащий в основном жидкий  $\text{CO}_2$ , а с верхней части колонны отбирается газ, содержащий в основном метан, этан и  $\text{CO}_2$ . Газ из колонны далее поступает на вход 3S-сепаратора, в котором происходит охлаждение газа в сверхзвуковом сопле и конденсация оставшегося в газе углекислого газа. Двухфазный поток из 3S-сепаратора направляется в стандартный сепаратор газ-жидкость. Отделившаяся в этом сепараторе жидкость, содержащая  $\text{CO}_2$ , сжимается насосом и направляется в качестве рефлюксной жидкости в колонну, газ из сепаратора смешивается с очищенным газом из 3S-сепаратора, нагревается в блоке теплообменников и направляется потребителю. Конденсат из нижней части колонны дросселируется, нагревается в блоке теплообменников и направляется в компрессор для закачки в пласт.

Оптимальный уровень давлений газа на входе в установку – больше 40 атм. При этом давление газа на выходе установки может составить 20–25 атм.

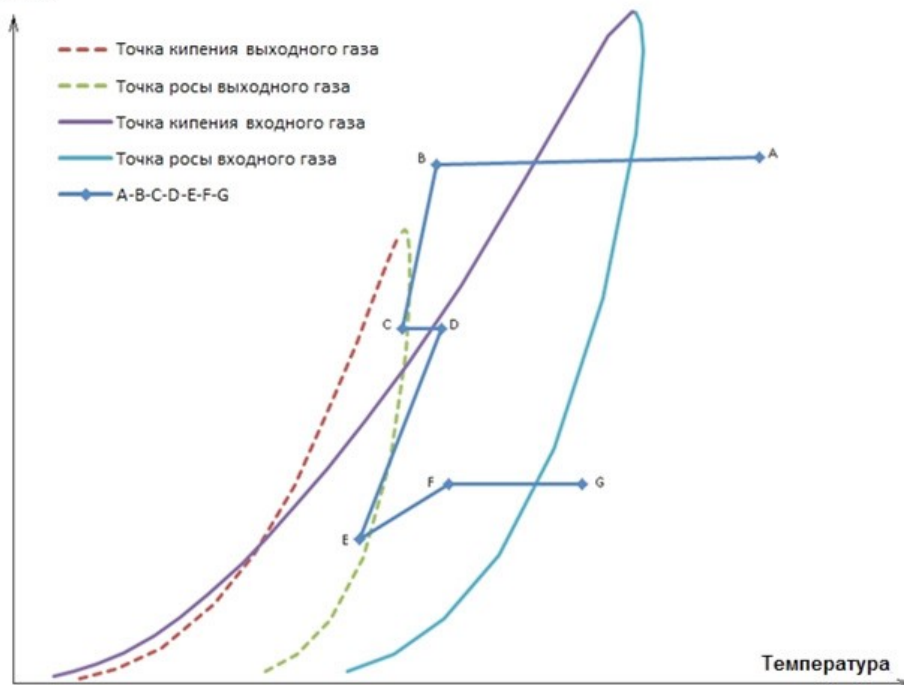
В предлагаемой установке сепарация углекислого газа осуществляется в две стадии.

На первой стадии за счет охлаждения газа в блоке теплообменников газ охлаждается до температур в диапазоне от  $-40^\circ\text{C}$  до  $-70^\circ\text{C}$  (в зависимости от требуемой степени очистки газа от  $\text{CO}_2$  и в зависимости от давления входного газа). При таком уровне температур часть  $\text{CO}_2$  конденсируется, при этом из-за того, что сконденсировавшийся углекислый газ является отличным растворителем, углеводородные компоненты природного газа растворяются интенсивно в жидком  $\text{CO}_2$ . Именно поэтому перед колонной большая часть входного потока находится в жидкой фазе. В колонне за счет нагрева жидкости в нижней части колонны происходит отдувка из жидкости легких углеводородов. За счет этого на выходе из колонны жидкий конденсат, отбираемый с нижней части колонны, содержит в основном жидкий  $\text{CO}_2$ , а газ с верхней части колонны содержит легкие углеводородные компоненты, такие как метан, этан, пропан, и  $\text{CO}_2$ . В зависимости от выбранного режима колонны содержание  $\text{CO}_2$  в газе на выходе из колонны может быть в диапазоне от 10 до 20% mol., при любой даже самой высокой концентрации  $\text{CO}_2$  во входном газе.

На второй стадии газ обрабатывается в 3S-сепараторе, в котором за счет чрезвычайно сильного охлаждения газа в сверхзвуковом сопле достигаются такие

низкие температуры, что содержание  $\text{CO}_2$  в газовой фазе может достигать 2% mol или выше, в зависимости от требований, предъявляемых к товарному газу.

На *рисунке 8*, на фазовой диаграмме входного газа показана схематически, в координатах Давление



**Рисунок 8 – Фазовая диаграмма входного газа в координатах давление-температура**

ординатах давление–температура, диаграмма изменений параметров газа по установке. На этой диаграмме участок АВ – это охлаждение газа в блоке теплообменников, ВС – дросселирование потока в дросселе, CD – прохождение потока через колонну, DE – охлаждение газа в сверхзвуковом сопле 3S-сепаратора, EF – прохождение газа через диффузор 3S-сепаратора, FG – нагрев газа в блоке теплообменников.

В *таблицах 1–3* приводятся в качестве примеров расчетные параметры потоков на входе и выходе установки 3S-сепарации для двух случаев, в которых входной газ на входе в установку имеет высокие концентрации углекислого газа. *Таблица 1* соответствует случаю, когда по требованиям Заказчика, выходной газ может иметь концентрацию  $\text{CO}_2$  – 13%, так как он направляется на сжигание в электростанцию. В *таблице 2* приводятся данные установки 3S-сепарации с концентрацией  $\text{CO}_2$  в выходном газе – 2%. В *таблице 3* – вариант работы установки при котором фракция  $\text{C}_{3+}$  получается в виде товарной продукции.

*Таблица 1*

	Unit	Feed Gas	C <sub>02</sub>	Outlet Gas
Temperature	C	45,0	-10,0	-9,6
Pressure	MPa <sub>q</sub>	6,7	0,1	2,5
Molar Flow	m <sup>3</sup> /h	11776,6	8351,6	3425,1
Mass Flow	kg/h	18053,9	15153,2	2900,8
Mole Frac (Nitrogen)		0,0040	0,0000	0,0137
Mole Frac (C <sub>02</sub> )		0,7120	0,9496	0,1327
Mole Frac (Methane)		0,2680	0,0309	0,8462
Mole Frac (Ethane)		0,0110	0,0128	0,0066
Mole Frac (H <sub>2</sub> S)		0,0050	0,0067	0,0008

Таблица 2

	Unit	Feed Gas	C <sub>02</sub>	Outlet Gas
Temperature	C	40,0	15,6	30,0
Pressure	MPa	6,0	0,5	2,5
Molar Flow	m <sup>3</sup> /h	9722,0	7006,7	2715,2
Mass Flow	kg/h	14528, 3	12575,6	1952,7
Mole Frac (C <sub>02</sub> )		0,5601	0,8452	0,0280
Mole Frac (Methane)		0,3596	0,0459	0,9625
Mole Frac (Ethane)		0,0377	0,0498	0,0094
Mole Frac (Propane)		0,0238	0,0330	0,0001
Mole Frac (i-Butane)		0,0038	0,0053	0,0000
Mole Frac(n-Butane)		0,0081	0,0113	0,0000
Mole Frac (i-Pentane)		0,0018	0,0026	0,0000
Mole Frac (n-Pentane)		0,0047	0,0065	0,0000

Mole Frac (n-Hexane)		0,0003	0,0005	0,0000
----------------------	--	--------	--------	--------

Таблица 3

	Unit	Feed Gas	C <sub>3+</sub>	C <sub>02</sub>	Outlet Gas
Temperature	C	40,0	97	11,1	25,0
Pressure	MPa	3,0	2,2	0,2	2,1
Molar Flow	m <sup>3</sup> /h	9722,0	265,5	6411,5	3045,0
Mass Flow	kg/h	14528,3	687,1	11646,6	2195,2
Mole Frac(C <sub>02</sub> )		0,5601	0,0319	0,8851	0,0291
Mole Frac (Methane)		0,3596	0,0000	0,0234	0,9564
Mole Frac (Ethane)		0,0377	0,0032	0,0637	0,0070
Mole Frac (Propane)		0,0238	0,2857	0,0241	0,0001
Mole Frac (i-Butane)		0,0038	0,1094	0,0013	0,0000
Mole Frac(n-Butane)		0,0081	0,2522	0,0019	0,0000
Mole Frac (i-Pentane)		0,0018	0,0630	0,0002	0,0000
Mole Frac (n-Pentane)		0,0047	0,1630	0,0004	0,0000
Mole Frac (n-Hexane)		0,0003	0,0000	0,0000	0,0000

Для отработки 3S-технологии для описанных схем в компании «ENGO Engineering» была создана экспериментальная установка, позволяющая испытывать 3S-сепараторы в широком диапазоне давлений, температур и концентраций CO<sub>2</sub> во входном газе.

Как было показано, в ходе проведенных испытаний, для достижения высокой степени очистки газа от CO<sub>2</sub>, входная температура газа должна быть ниже –60°C. Только в этом случае на установке можно достичь концентраций CO<sub>2</sub> в очищенном газе ниже 2% mol.

### Выводы


Описанная в статье инновационная технология сверхзвуковой обработки газа позволяет обеспечить эффективную обработку природного газа. Технология может быть использована как для подготовки природного газа к транспорту, так и для извлечения отдельных фракций из природного газа. Технология сверхзвуковой сепарации позволяет существенно улучшить процесс обработки газа на установках, использующих клапан Джоуля–Томсона для охлаждения газа.

При высоких давлениях газа 3S-технология позволяет обрабатывать газ даже при таких параметрах газа, при которых использование клапана Джоуля–Томсона и турбодетандера невозможно.

Разработанная технология сверхзвуковой сепарации может быть использована для очистки природных газов от углекислого газа. Особенно эффективно использование данной технологии, для очистки природных газов с высокой концентрацией CO<sub>2</sub>, когда использование традиционных технологий затруднительно.

Предложенные схемы установок 3S-сепарации позволяют обеспечить в выходном газе с установки концентрации CO<sub>2</sub> ниже 2% mol при любой концентрации

CO<sub>2</sub> во входном газе

Проведенные испытания 3S-сепараторов на углеводородных смесях, содержащих CO<sub>2</sub>, показали, что разработанные 3S-сепараторы, обеспечивают необходимую эффективность сепарации CO<sub>2</sub> из природного газа. 

### ССЫЛКИ

- [1] Alferov V.I., Bagirov L.A., Feygin V.I., Arbatov A.A., Imaev S.Z., Dmitriev L.M., Rezunenko V.I., Method of and apparatus for the separation of components of gas mixtures and liquefaction of a gas, Patent US6372019 B1, 16.04.2002, МКИ B01D51/08.
- [2] Supersonic nozzle efficiently separates natural gas components/ Vadim Alfyorov, Lev Bagirov, Leonard Dmitriev, Vladimir Feygin, Salavat Imaev, John R. Lacey // Oil & Gas Journal. – 2005. – May 23. – PP. 53 - 58.
- [3] Korytnikov R.V., Yakhontov D.A., Bagirov L.A., Dmitriev L.M., Imaev S.Z. Industrial tests of supersonic separation technology at low temperature separation unit of UPMT of “1-S” gas complex treatment unit of Zapolyarny oil and gas fields’ complex// Petroleum engineering Journal, №6, 2012.

### Успешно введена в эксплуатацию новая установка 3S-сепарации

В период с 20.10.2017 по 02.11.2017 осуществлены пуско-наладочные работы и введен в промышленную эксплуатацию блок 3S-сепарации на УПГ Ярудейского месторождения ООО «ЯРГЕО» (ПАО «НОВАТЭК»). Это позволило увеличить проектный расход газа через УПГ до 1750 млн.ст. м<sup>3</sup>/год.

Технологическая схема модернизации УПГ для увеличения производительности с использованием 3S-технологии была разработана компанией ООО «ЭНГО Инжиниринг» по инициативе и при активном участии Департамента добычи и переработки газа и конденсата ПАО «НОВАТЭК».

По заказу ООО «ЯРГЕО» компания ООО «ЭНГО Инжиниринг» поставила 3S-сепараторы и провела пусконаладочные работы, успешное осуществление которых в кратчайшие сроки было обеспечено совместной работой с высокопрофессиональными специалистами Заказчика. После ввода установки 3S-сепарации в эксплуатацию зафиксировано существенное увеличение выхода

деэтанализованного конденсата (до 50%). Все соответствующие Техническому заданию параметры работы установки достигнуты в полном объёме.

ООО «ЯРГЕО» рекомендовало дальнейшее применение технологии 3S-сепарации в ПАО «НОВАТЭК» в проектах модернизации существующих и строительства новых объектов подготовки и переработки газа.



Рисунок 9 – 3S-сепараторы