

ЗАО «Национальная газовая компания»

**Разработки
в области переработки
попутного нефтяного газа**

*Мы не следуем за достигнутым,
мы действуем на опережение!*

Москва 2015

1. Цель разработок

Нашей компанией в период с 1999 года и по настоящее время в области **газопереработки** был проведён комплекс исследовательских работ. На основании полученных результатов разработаны принципиально новые технологические процессы:

- первичной переработки ПНГ и получения стабильного газового бензина (СГБ), растворителей асфальто-смолистых парафиновых отложений (АСПО), сжиженных углеводородных газов (СУГ);
- глубокой промышленной переработки ПНГ с использованием процесса получения этилена из природного газа методом пиролиза;
- сжатия попутного нефтяного газа при помощи струйных аппаратов.

Целью разработок является:

- достижение быстрой окупаемости затрат;
- доступность для компаний, расположенных в регионах с неразвитой инфраструктурой;
- соблюдение требований законодательства в области охраны окружающей среды при разработке методов переработки ПНГ.

Выбор способа переработки попутного нефтяного газа зависит от состава и объёма ПНГ и определяется в каждом конкретном случае.

2. Область применения разработок

- Проектирование технологии переработки ПНГ для компаний, расположенных в регионах с неразвитой инфраструктурой.
- Проектирование технологии глубокой переработки ПНГ для месторождений, имеющих развитую инфраструктуру и транспортные сети.
- Разработки НГК в области крупномасштабного проектирования

3. Описание разработок по технологии переработки ПНГ

3.1. Комплекс по переработке ПНГ с производительностью по сырью от 0,1 до 1 млрд н.м³/год

Данная технология предназначена для реализации на высокодебитных месторождениях, не имеющих инфраструктуры для транспортировки природного газа.

В основе технологии лежит разработанный НГК процесс одностадийного некаталитического получения этилена путём термической конверсии метана - пиролиза. Процесс пиролиза проводится в трубчатом реакторе, изготовленном из карбида кремния, при давлении 1,5 МПа и температуре 1250 °С. Проведённые исследования показали высокую его эффективность: конверсия метана достигала 35% за один проход, максимальная достигнутая селективность этилена составила 75%.

Выпускаемая продукция – жидкие углеводороды в объёме от 50 до 500 тыс. тонн/год, электрическая и тепловая энергия для обеспечения собственных нужд производства.

При наличии дорожной сети жидкие углеводороды реализуются в качестве дорогостоящих компонентов моторных масел и топлива, что существенно повышает рентабельность переработки. При отсутствии – добавляются в нефть, что повышает её сортность и снижает вязкость.

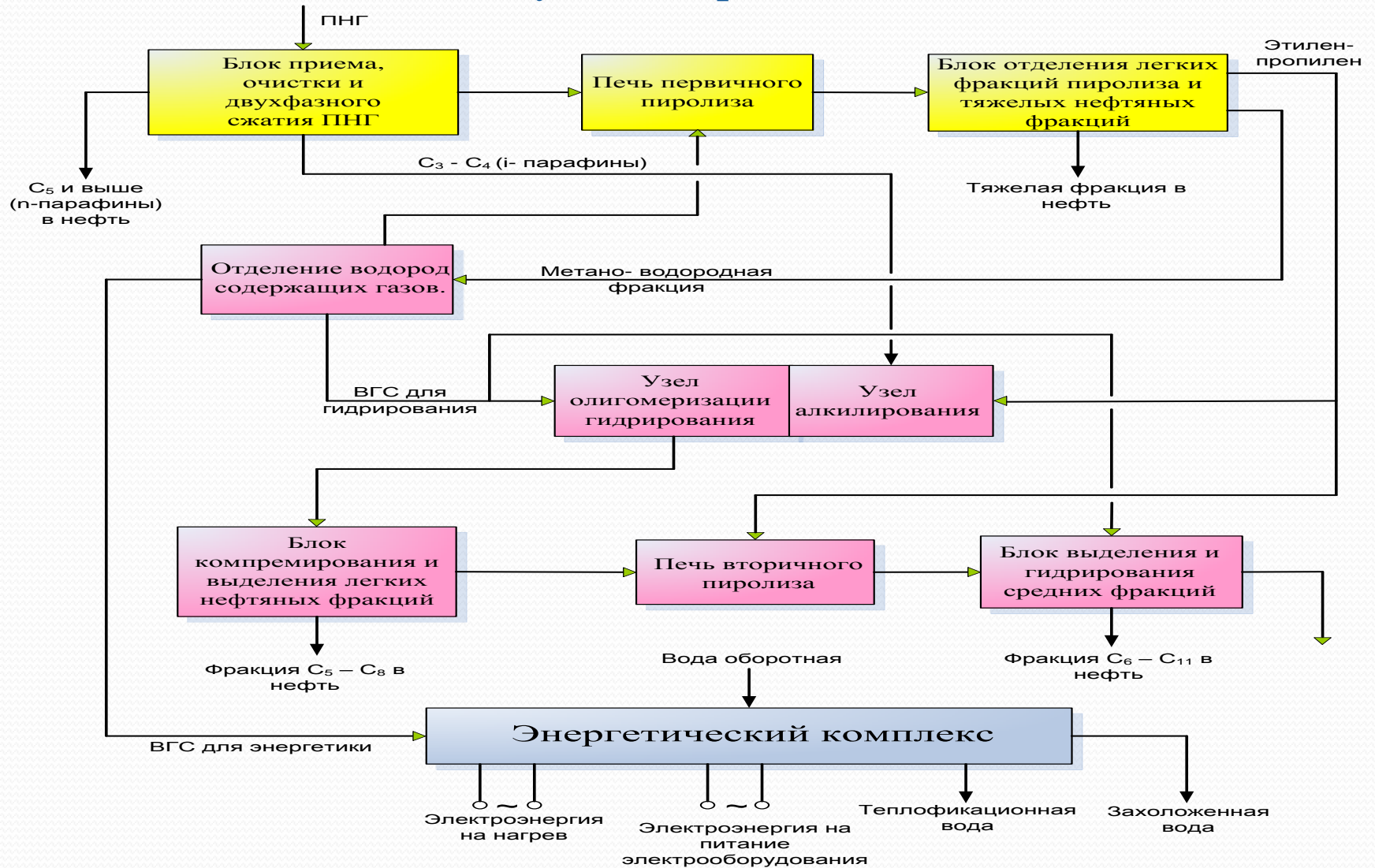
Ориентировочная стоимость основного технологического оборудования составляет 0,5 – 1,0 млрд. руб. в зависимости от характеристик газового потока, производительности и комплектации.

3.1.1. Краткое описание процесса

Предлагается использовать совмещённую технологию в варианте непосредственного получения жидких продуктов с промежуточным получением этилена и его последующим каталитическим преобразованием (олигомеризация) в компоненты моторных масел и топлива. Технология олигомеризации этилена хорошо известна и широко применяется в промышленности.

В предлагаемой схеме промышленной переработки попутного нефтяного газа представлен вариант с полным набором технологических процессов, обеспечивающих наиболее глубокую степень переработки газа. Для каждого конкретного месторождения будут разрабатываться индивидуальные технологические схемы, учитывающие объёмы ПНГ, особенности состава газов и наличие транспортной инфраструктуры.

3.1.2. Структурная схема промышленной переработки попутного нефтяного газа



3.2. Модульные малогабаритные установки для переработки ПНГ с производительностью по сырью 30 – 100 млн. н.м³/год

Данная технология предназначена для переработки ПНГ и газового конденсата на малодобитных месторождениях, расположенных в удалённых районах с неразвитой инфраструктурой.

Технология основывается на двух разработках НГК: использовании струйных процессов для сжатия ПНГ и высокоэффективных ректификационных колонн канального типа.

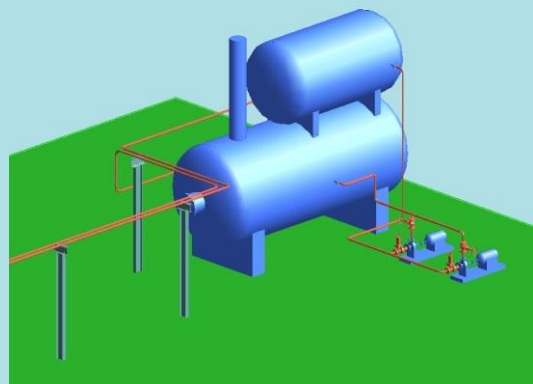
Характеристика установок переработки газа:

- **производительность** 30-100 млн. н.м³/г;
- **выпускаемая продукция:** сухой газ, СУГ, растворитель АСПО (СГБ);
- **ориентировочная стоимость основного оборудования** 80-120 млн. руб. (в зависимости от состава газа и комплектации)

Характеристика установок переработки газового конденсата:

- **производительность** 30-50 тыс. т/г;
- **выпускаемая продукция:** СУГ, растворитель АСПО (СГБ), прямогонный бензин, летнее дизельное топливо, печное топливо (мазут);
- **ориентировочная стоимость основного оборудования** 60-100 млн. руб. (в зависимости от состава газа и комплектации)

3.2.1. Макет модульной малогабаритной установки переработки ПНГ



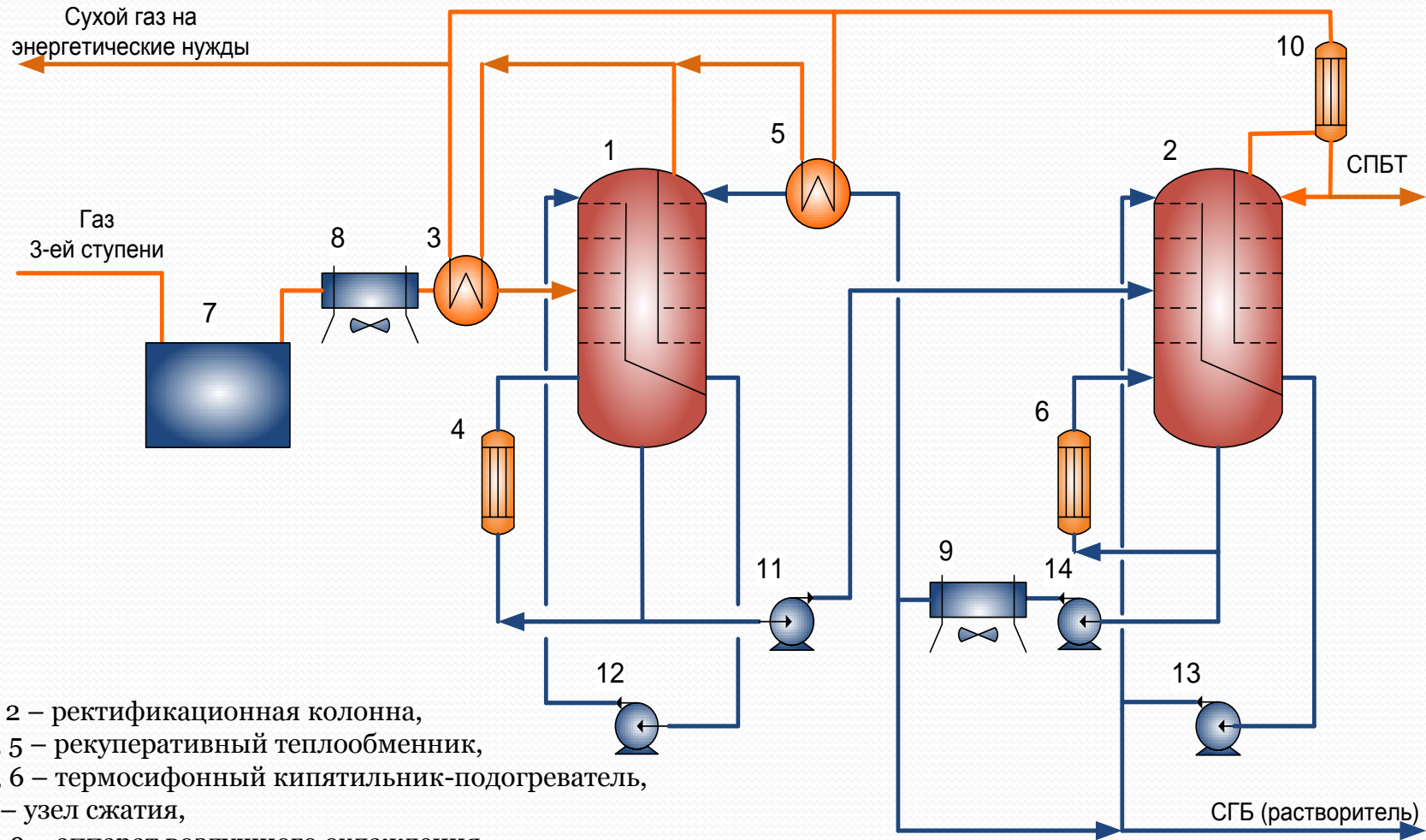
Модуль циркулирующего теплоносителя



Модуль сжатия ПНГ



3.2.2. Принципиальная схема модульной малогабаритной установки переработки ПНГ



- 1, 2 – ректификационная колонна,
- 3, 5 – recuperативный теплообменник,
- 4, 6 – термосифонный кипятильник-подогреватель,
- 7 – узел сжатия,
- 8, 9 – аппарат воздушного охлаждения,
- 10 – холодильник-дефлегматор,
- 11, 12, 13, 14 – насос центробежный

3.2.3. Краткое описание принципиальной схема модульной малогабаритной установки переработки ПНГ.

Представленная схема установки предназначена для получения **растворителей АСПО или газового бензина, сжиженного газа, сухого газа** в промышленных условиях. Сырьём для данной установки является ПНГ 3-ей ступени сепарации и частично 2-ой ступени с содержанием C_{3+} 250 г/м³ и более.

В качестве основного фракционирующего устройства используется аппарат разделения канального типа.

Схема построена по двухколонному варианту с использованием процесса абсорбции, что существенно снижает потребность в холодопроизводящем оборудовании. В качестве сорбента используется смесь высокомолекулярных углеводородных соединений C_{7+} выше. Первый колонный аппарат фракционирующий абсорбер, назначение которого – извлечение углеводородов C_{3+} выше. Второй колонный аппарат фракционирующий десорбер, назначение которого – десорбция сорбента и получение целевых продуктов растворителей и сжиженных газов.

Полученные растворители целесообразно использовать на месторождениях для обработки скважин. Сжиженные газы транспортировать потребителю, используя контейнеры для хранения и перевозки СУГ.

Материальный баланс переработки попутного нефтяного газа на малогабаритной модульной установке (30 млн. т/год ПНГ Приобского месторождения)

	Массовое содержание, %		тыс. т/год	
	Зима*	Лето**	Зима*	Лето**
Взято:				
ПНГ	100		27	
Содержание целевых $C_{3+Выше}$	270 г/м ³		8,1	
Получено:				
Сухой отбензиненый газ	77,5	82	20,93	22,14
ШФЛУ марки А или СПБТ зимний	15,75		4,25	
ШФЛУ марки Б или СПБТ летний		13,5		3,65
Стабильный газовый бензин	6,75	4,5	1,82	1,21
Итого:	100	100	27	27

*- отбор целевых продуктов от потенциального содержания $C_{3+Выше}$ 75%, что обусловлено использованием в процессе естественного холода и потребностью в выпуске СПБТ зимней марки.

** - отбор целевых продуктов от потенциального содержания $C_{3+Выше}$ 60%, что обусловлено отсутствием холода и потребностью в выпуске СПБТ летней марки.

3.3. Модульная установка прямой термической конверсии метана и его гомологов с производительностью по сырью 30 – 100 млн. н.м³/год

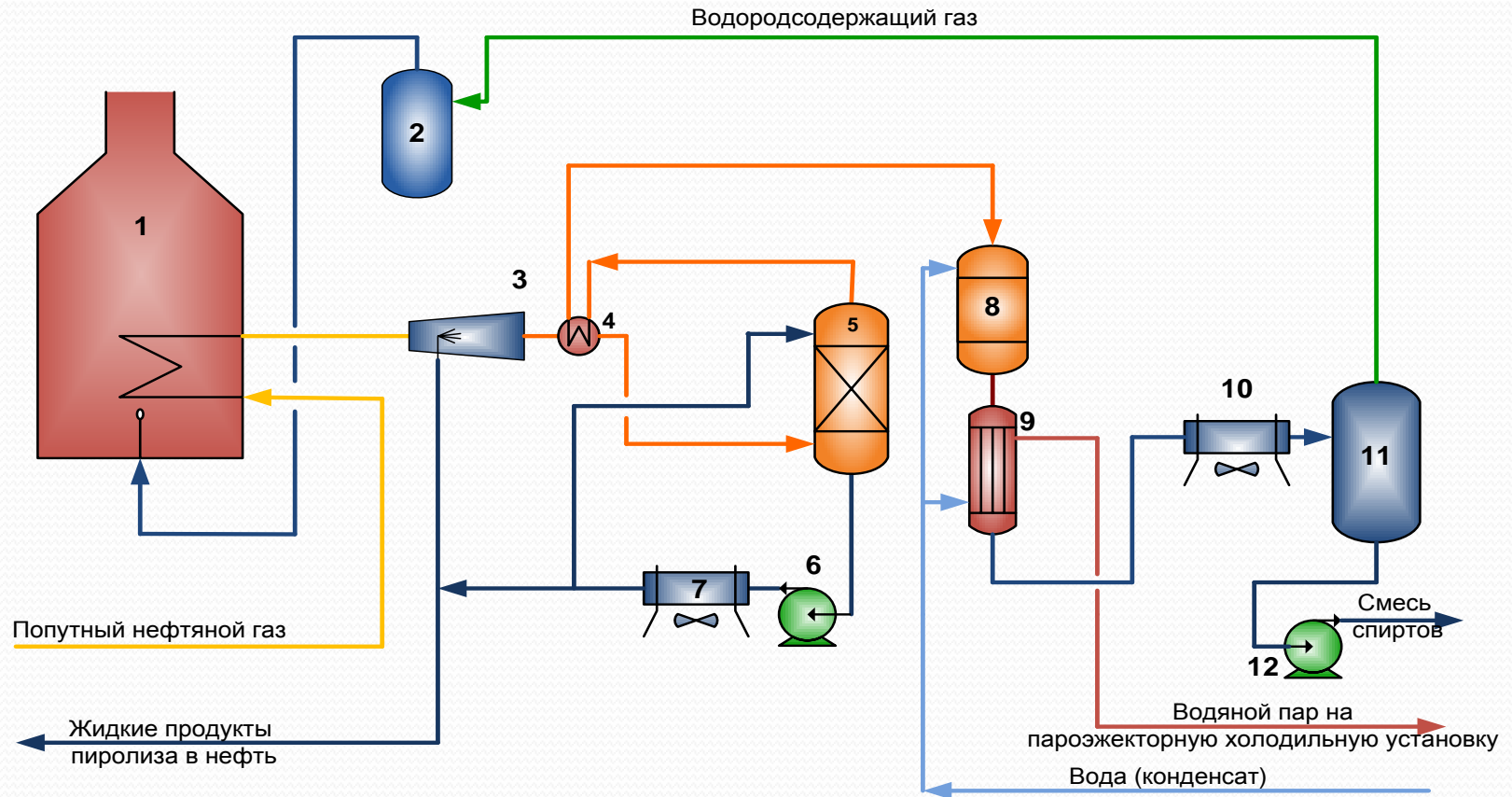
Данная технология предназначена для реализации на малодебитных месторождениях, расположенных в удалённых районах с неразвитой инфраструктурой.

В основе технологии лежит разработанный НГК процесс пиролиза метана.

Производимая продукция – широкая фракция жидких углеводородов, направляемых на разбавление нефти в объёме 6-20 тыс. т/год и смесь спиртов 20-60 тыс. т/год

Ориентировочная стоимость основного технологического оборудования составляет 200 – 300 млн. руб. в зависимости от производительности.

3.3.1. Схема прямой термической конверсии метана и его гомологов



- 1 – технологическая печь пиролиза,
2 – буферная емкость,
3 – термостабилизирующее устройство,
4 – рекуперативный теплообменник,
5 – абсорбер,
6, 12 – насос центробежный,

- 7, 10 – аппарат воздушного охлаждения,
8 – реактор гидратации,
9 – закалочно-испарительное устройство,
11 – сепаратор

3.3.2. Краткое описание схемы прямой термической конверсии метана и его гомологов

Технология прямой термической конверсии отличается малым числом стадий обработки сырья. Полученные высокоценные **жидкие нефтеобразные продукты** направляются на разбавление нефти, что позволит повысить её сортность и снизить вязкость.

При наличии рынка сбыта попутное производство смеси спиртов может существенно повысить рентабельность производства в целом. В данном случае на первой стадии проводится термическая конверсия углеводородного газа с получением смеси жидких нефтеобразных продуктов и широкого спектра углеводородов непредельного ряда. На второй стадии непредельные углеводороды подвергаются каталитической гидратации с получением смеси спиртов.

3.4. Дизельгенераторная установка производства синтез-газа

Данная технология предназначена для реализации на малодебитных месторождениях.

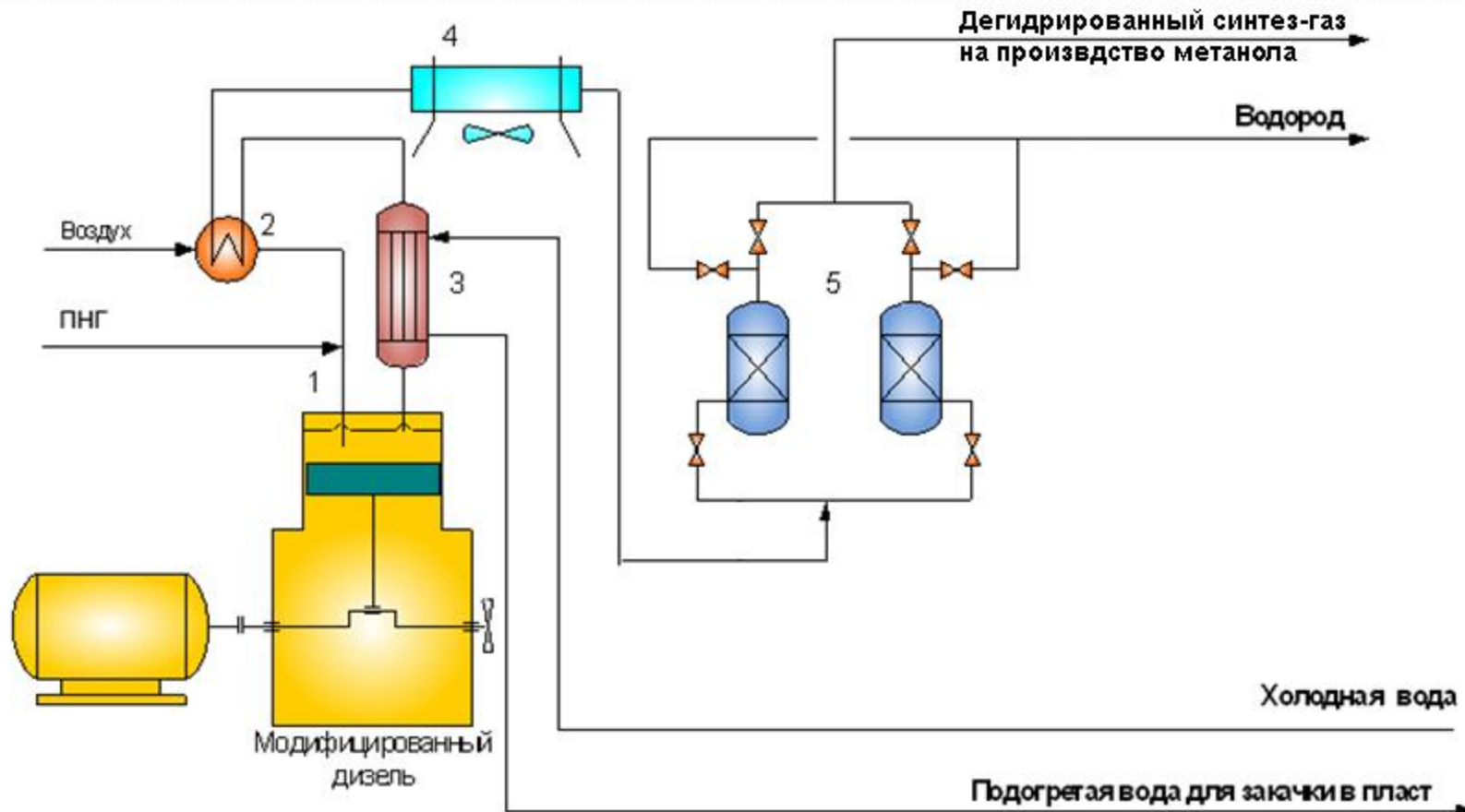
Дизельгенераторная установка производительностью 4000 н.м³/час по сухому газу применяется для утилизации ПНГ на промыслах.

Преимущества установки в компактности, многофункциональности, простоте эксплуатации. В качестве генератора используются модифицированные серийные дизельные установки.

Производимая продукция – синтез-газ, являющийся полупродуктом и направляемый на дальнейшую переработку для получения:

- 1) - подогретой воды для закачки в пласт с целью повышения нефтеотдачи;
- 2) - водорода для производства сухих белковых веществ (гаприна);
- 3) - метанола для производства широкого ассортимента нефтехимических продуктов.

3.4.1. Схема дизельгенераторной установки производства синтез-газа



1 – модифицированный дизель, 2, 3 – подогреватели рекуперативные,
4 – аппарат воздушного охлаждения, 5 – узел короткоцикловой адсорбции

4. Разработки НГК в области крупномасштабного проектирования технологий переработки нефти и газа.

4.1. Сжатие и транспортировка низконапорного газа с применением струйных аппаратов

В НГК был проведён большой объём исследовательских работ по применению струйных аппаратов для повышения давления газового потока

В качестве устройства повышения давления и перекачки низконапорного ПНГ 2-ой ступени сепарации нами применён сверхзвуковой эжектор. Данное техническое решение имеет множество преимуществ по сравнению с традиционным решением – применением поршневых или винтовых компрессорных установок:

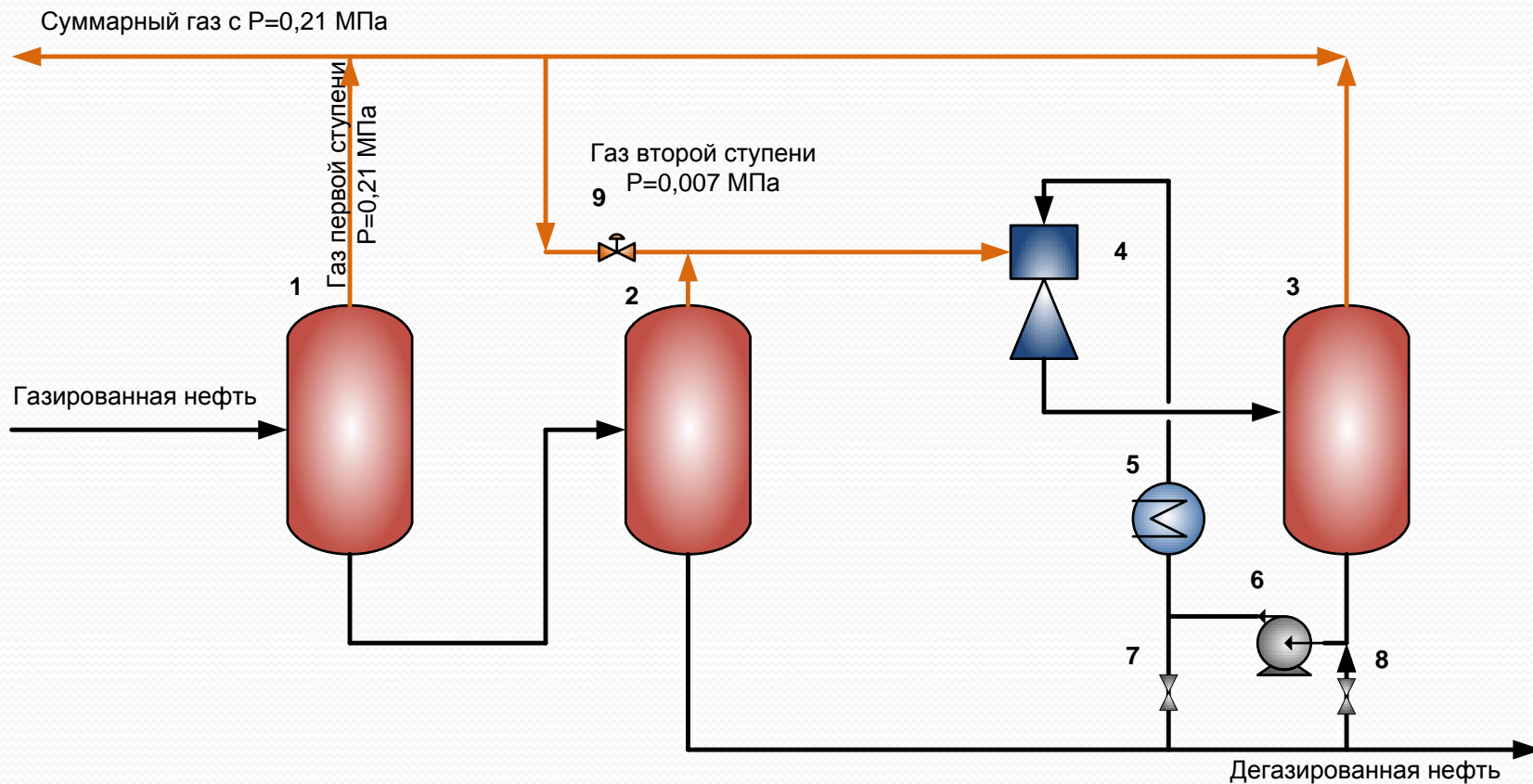
- при одинаковых параметрах затраты на создание эжекционной системы повышения давления в 2-2,5 раза меньше стоимости компрессорных установок;

- простота конструкции, надёжность в работе, низкая стоимость обслуживания;
- возможность сжатия жирных газов, что является проблемой для компрессоров;
- эжекционные установки наряду со сжатием ПНГ позволяют абсорбировать высокомолекулярные соединения.

Производительность установок от 30 до 100 млн. н.м³/г.

Ориентировочная стоимость комплекса оборудования эжекционной системы повышения давления, монтируемого на узлах сепарации 10-20 млн. руб. в зависимости от характеристик газового потока, производительности и комплектации.

4.1.1. Схема перекачки низконапорного газа с использованием струйного аппарата



1 – сепаратор I ступени, 2 – сепаратор II ступени, 3 – сепаратор III ступени,
4 – сверхзвуковой эжектор, 5 – холодильник, 6 – насос,
7, 8 – отсекающая запорная арматура, 9 – регулятор давления

Краткое описание схемы перекачки низконапорного газа с использованием струйного аппарата.

Низконапорный газ из сепаратора второй ступени засасывается в приёмную камеру струйного аппарата – эжектора. Разрежение в камере создаётся за счёт кинетической энергии струи рабочей жидкости - смеси углеводородов C_5 и выше.

Струя рабочей жидкости, истекая через сопловое устройство эжектора, создаёт разрежение и увлекает за собой газовый поток, поступающий в приёмную камеру. Из приёмной камеры газожидкостная смесь через камеру смешения и далее через сбросную камеру отводится в сепаратор (фазоразделитель).

Сжатый газ из сепаратора поступает на смешение с газовым потоком 1-ой ступени сепарации. Для предупреждения интенсивного вскипания нефти в сепараторе 2-ой ступени и возможного его вакуумирования схемой предусматривается перепуск части сжатого газа на всас струйного аппарата. Регулировка перепуска осуществляется клапаном-регулятором управляемым прибором, контролирующим давление в сепараторе второй ступени.

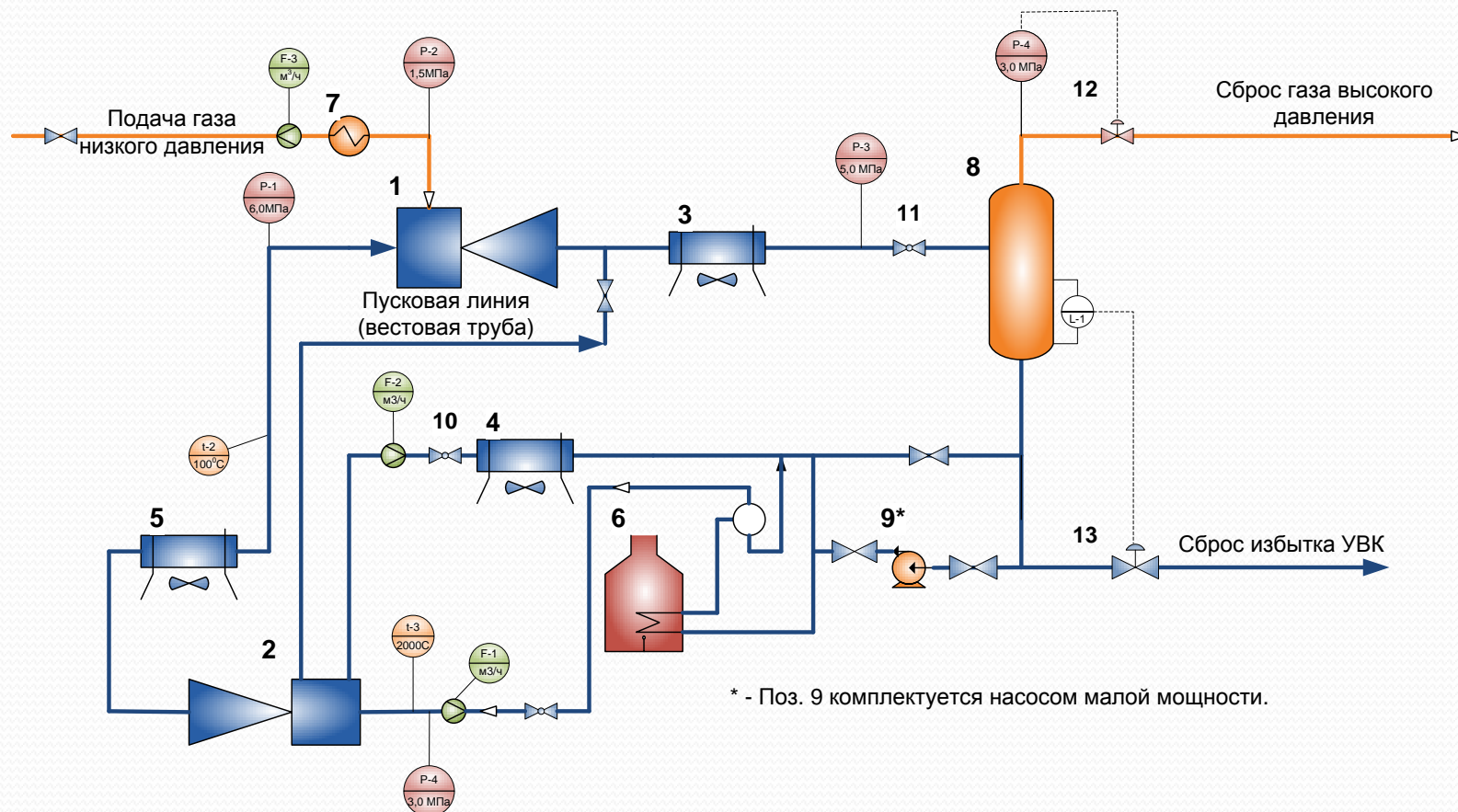
Отделённая в сепараторе жидкая фаза, в том числе и высокомолекулярные соединения, содержащиеся в ПНГ, забирается центробежным насосом и после охлаждения в холодильнике подаётся на впрыск в эжектор через сопловое устройство. Балансовый избыток жидкости – отводится в дегазированную нефть.

4.1.2. Схема установки сжатия газа при помощи инжекторно-эжекторной системы

Если в эжекционной установке разгонной ступенью, служащей для преобразования давления рабочей среды в эжекторе служит насос, то в **инжекторно-эжекторной системе** роль разгонной ступени выполняет инжектор. В основу процесса инжектирования заложено использование эффекта преобразования тепловой энергии фазового перехода в кинетическую энергию потока. **Система не имеет механических и электромеханических движителей (насосов).**

Система также позволяет абсорбировать лёгкие углеводороды более тяжёлыми, накапливающимися в системе. Из узла сепарации выводится сухой отбензиненный газ и углеводородный конденсат.

Схема установки сжатия газа при помощи инжекторно-эжекторной системы



1 – эжектор, 2 – инжектор, 3, 4, 5 – аппарат воздушного охлаждения, 6 – нагревательная печь, 7 – теплообменник-подогреватель, 8 – сепаратор, 9 – насос центробежный, 10, 11 – обратный клапан, 12 – регулятор давления, 13 – регулятор уровня

4.2. Пароэжекторная установка для производства захлажденной воды.

Пароэжекторная установка предназначена для утилизации избытка выделяемого тепла в технологических и энергетических процессах с целью получения дополнительного количества захлажденной воды.

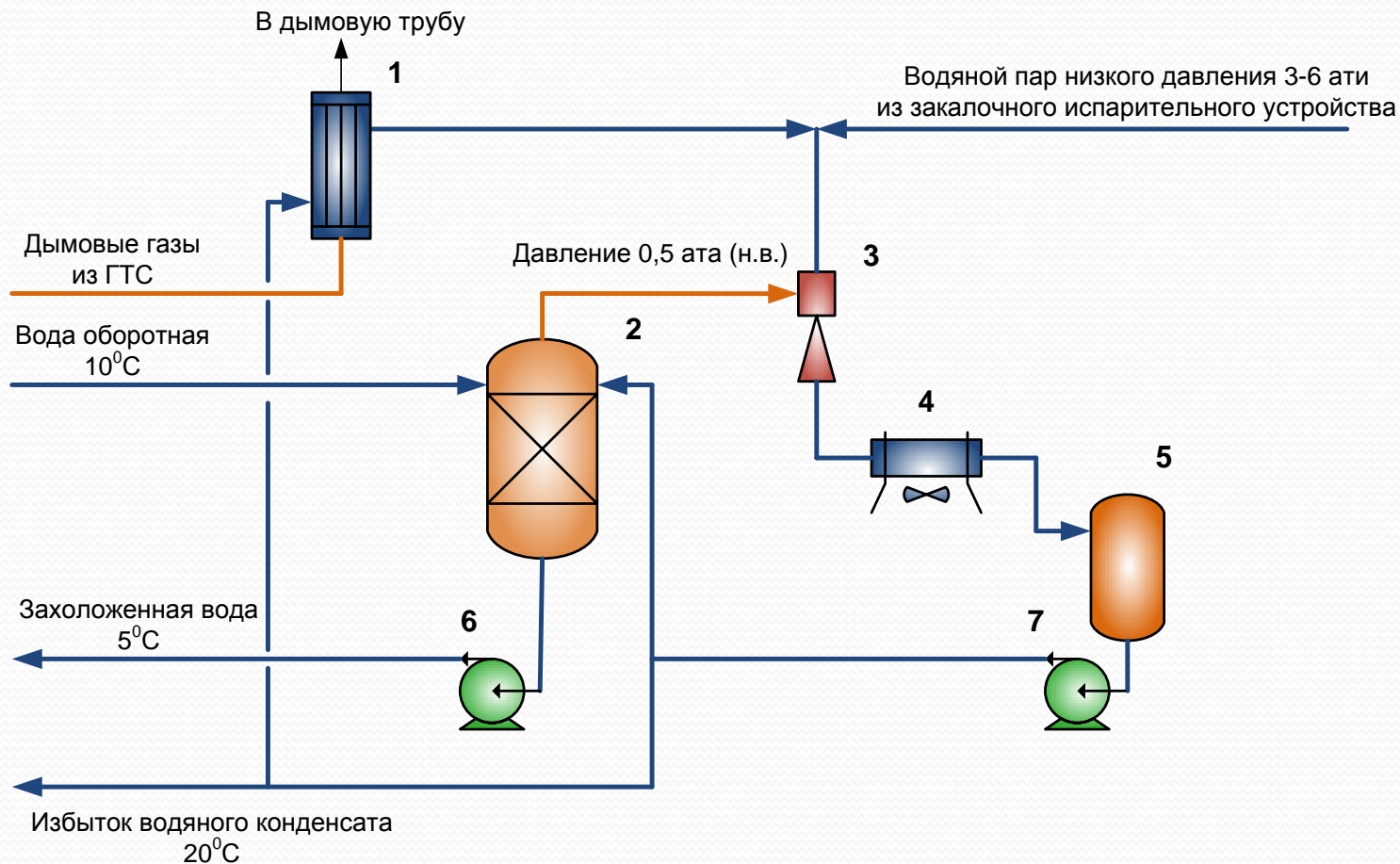
Ее применение актуально в тёплый период времени, когда на ГПЗ увеличиваются энергозатраты на выработку холода.

В пароводяных эжекторных установках через испаритель циркулирует поток воды, являющийся хладагентом. Охлаждение воды происходит за счёт её частичного испарения, при этом скрытая теплота парообразования отводится от основной массы воды, поступающей в испаритель. Из конденсатора в испаритель возвращается конденсат, компенсирующий испарившуюся часть воды. Отсос паров воды из испарителя пароэжекторных машин происходит за счет кинетической энергии струи пара, расширяющегося эжектора.

Показатели процесса:

- для получения 1000 ккал холода необходимо испарить 1,68 кг воды;
- температура захлажденной воды до +5...+7 °С.

Схема парожекторной установки для производства захлажденной воды.



1 – котел-утилизатор, 2 – испаритель, 3 – эжектор, 4 – аппарат воздушного охлаждения, 5 – накопительная емкость, 6, 7 – насос

4.3. Высокоэффективные ректификационные колонны

Ректификационные аппараты с пенным режимом относятся к числу высокоскоростных. Скорость паровой фазы достигает в них 3 м/с, что позволяет существенно снизить массогабаритные характеристики аппарата и стоимость его изготовления. По эффективности пенные аппараты превосходят все известные конструкции тарельчатых и насадочных ректификационных колонн. Аппараты с пенными режимами прошли испытания в опытно-промышленной эксплуатации на разделении хлорметанов и ректификации спиртового раствора.

Аппараты канального типа выполняют функции нескольких ректификационных колонн. В них могут использоваться разнообразные контактные устройства, в т.ч. тарелки для пенных режимов. Отличительная особенность аппаратов канального типа – компактность и низкая материалоемкость. Они особенно хорошо зарекомендовали в холодных условиях, т.к. компактная конструкция обеспечивает низкий отвод тепла в окружающую среду. На фото НПУ в пос. Таас-Юрях, на переднем плане находится пустотелый аппарат, который изначально изготавливался, как реактор термического крекинга. Путем незначительной доработки он был переоборудован в ректификационный аппарата канального типа. За счёт его применения производительность установки была увеличена со 100 до 150 тыс.тонн в год. При этом штатные колонные аппараты (на заднем плане) были задействованы на вторичном процессе – термическом риформинге прямогонной бензиновой фракции, а также для малотоннажной переработки газового конденсата.

Высокоэффективные ректификационные колонны

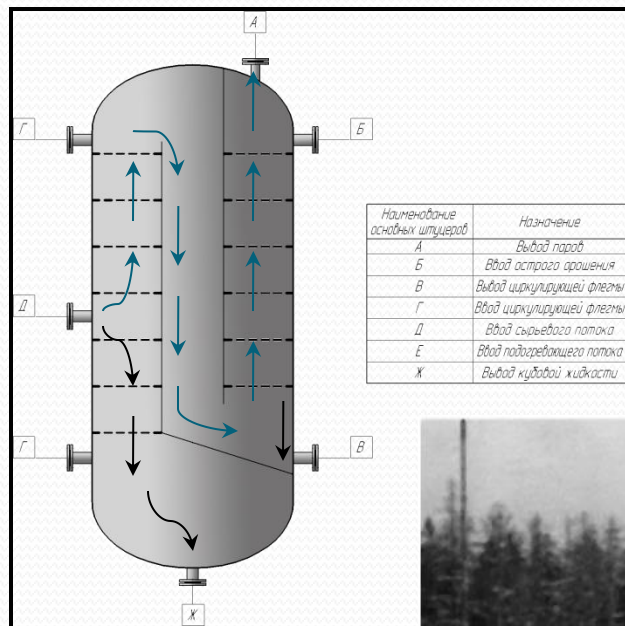
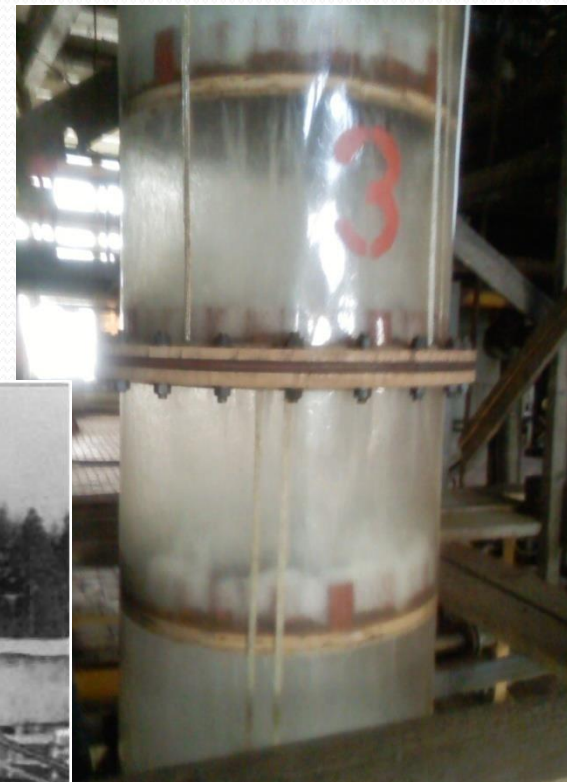


Схема движения потоков в колонном аппарате канального типа



Экспериментальная колонна с пенным режимом



Фото малотоннажной НПУ

Вложения в экологию приносят прибыль!

