

## 8

---

---

# ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕСЯ В ПРОЦЕССАХ РАЗДЕЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ ПУТЕМ РЕКТИФИКАЦИИ

## 8.1. ТЕХНОЛОГИИ

### 8.1.1. СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ

#### Краткое описание

Предложенный способ разделения многокомпонентных смесей относится к усовершенствованному методу обработки жидких и газообразных углеводородов.

На рис. 8.1 изображена схема установки, при помощи которой реализуется предложенный способ.

Сырье вводят по линии 10 в стриппинг-колонну, где происходит предварительное разделение на тяжелые и легкие фракции, при этом в секции 8 при противоточном течении газа и жидкости происходит поглощение тяжелых углеводородов жидкостным потоком, а в секции 9 – отпарка легких углеводородов паровым потоком.

Легкую фракцию из секции 8 в виде парового потока, подают под секцию 3, где окончательно отделяют верхнюю фракцию.

Верхнюю фракцию из секции 3 выводят в конденсатор-холодильник 18 и далее в рефлюксную емкость 19, при этом часть фракции выводят в виде готового верхнего продукта по линии 11, а другую часть возвращают в секцию 3 по линии подачи орошения 12 в виде флегмы.

Промежуточные фракции из секции 3 поступают в виде жидкостного орошения в секции 8 и 4. Из нижней части секции 4 выводят более легкий боковой продукт по линии 13.

Тяжелые фракции из секции 9 стриппинг-колонны подают

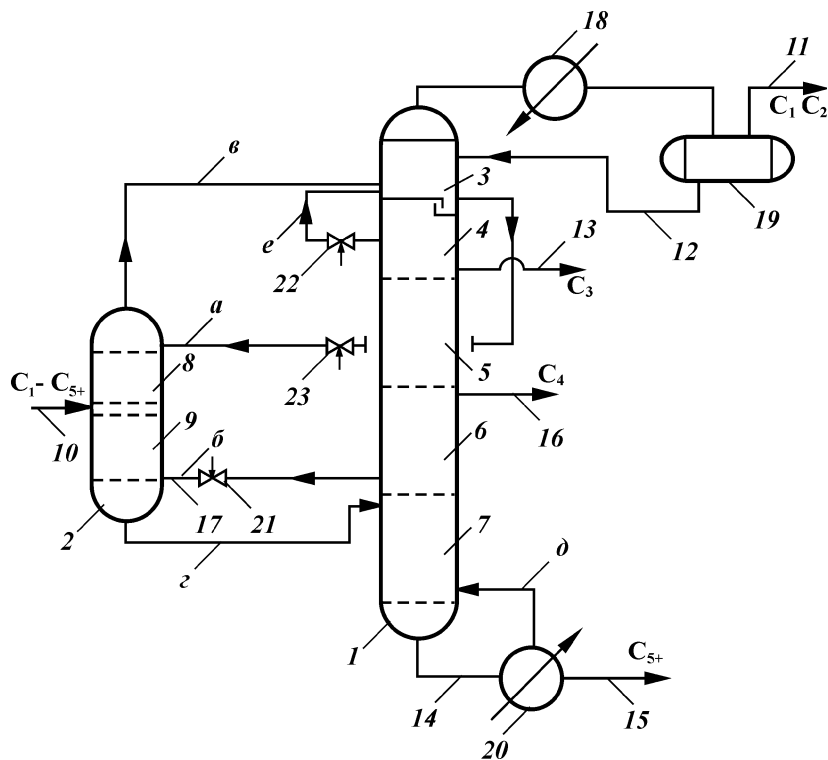


Рис. 8.1. Технологическая схема установки разделения многокомпонентных смесей:

1 – ректификационная колонна; 2 – стриппинг-колонна; 3–9 – секции; 10–17 – технологические линии; 18 – конденсатор-холодильник; 19 – рефлюксная емкость; 20 – испаритель; 21–23 – регулировочные устройства

в секцию 7 в виде жидкостного потока, где окончательно отделяют нижнюю фракцию, которую по линии 14 подают в испаритель 20. После нагрева в испарителе 20 часть нижней фракции в виде парового потока подают в нижнюю часть секции 7, а другую часть отводят в виде готового нижнего продукта по линии 15.

Промежуточные фракции, испарившиеся в секции 7, поступают в секцию 6, из верхней части которой выводят более тяжелый боковой продукт по линии 16.

Часть промежуточных фракций из секции 7 подают в секцию 9 стриппинг-колонны 2 для отпарки легких сырьевых углеводородов, по линии 17 оставшийся в основных секциях паровой поток выводят и подают на регулировочное устройство

22, после чего возвращают под секцию 3 вместе с паровым потоком , .

Для регулирования процесса по схеме на линии парового потока · предусмотрено регулировочное устройство 21, на линии внешнего парового потока  $\dot{A}$  – регулировочное устройство 22, а на жидкостном потоке  $\ddagger$  – регулировочное устройство 23.

При изменении состава сырья и необходимости увеличения парового тока в стриппинг-колонне расход парового потока в основных секциях уменьшают регулировочным устройством 22 на линии парового потока  $\dot{A}$ , и наоборот.

Расход жидкости в стриппинг-колонне и основной ректификационной колонне регулируют устройством 23 на жидкостном потоке  $\ddagger$ .

Условия проведения предложенного способа разделения многокомпонентных смесей приведены ниже.

Среда.....	Углеводороды газообразные и жидкие
Давление процесса, ата .....	16–20
Температура, °С:	
среды.....	30–40
верхнего орошения.....	–10
боковых продуктов .....	30–40
кубового продукта.....	135
Продукты:	
верхний .....	Сухой газ ( $C_1-C_2$ )
боковой.....	Пропан ( $C_3$ ), бутан ( $C_4$ )
нижний.....	Стабильный конденсат ( $C_5$ )

### Эффективность

Предложенный способ разделения углеводородных смесей позволяет регулировать паровые потоки как в основной колонне, так и в стриппинг-колонне, что, в свою очередь, дает возможность улучшить качество продуктов разделения. Техническое решение используется в промышленности.

### Разработчик

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### Литература

Авторское свидетельство № 611628, БИ № 23, 1978 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.А. Александров, С.Б. Зиберт).

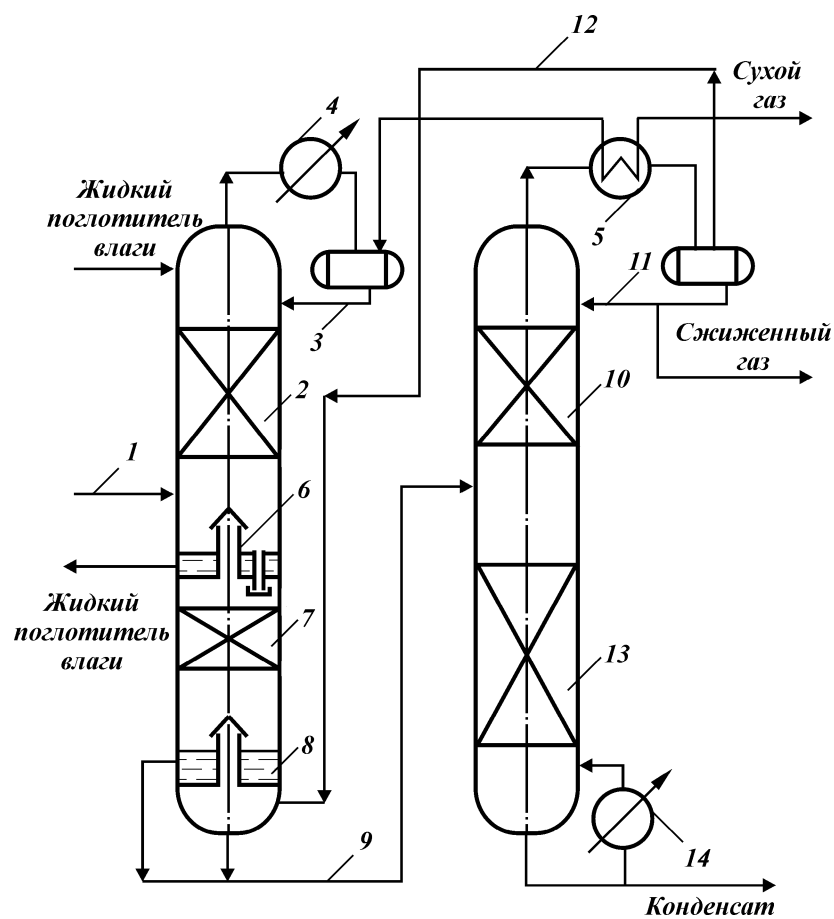
### 8.1.2. СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОЙ СМЕСИ

#### Краткое описание

Предложенный способ разделения углеводородной смеси относится к методу обработки газообразных и жидких углеводородов и может быть использован на газоперерабатывающих и нефтеперерабатывающих заводах, нефтепромыслах.

На рис. 8.2 представлена технологическая схема данного способа разделения углеводородной смеси.

Смесь углеводородов подают в зону питания первой колонны 1, при этом поднимающийся газ контактирует в массообменной секции 2 со стекающим конденсатом и орошением, которое подают на верх колонны по линии 3. Газ, обогащенный низкокипящими компонентами и осушенный подаваемым на верх колонны жидким осушителем, т.е. сухой газ, подают на конденсацию в конденсатор 4, после чего холод сухого газа используют для конденсации в парциальном конденсаторе 5 и направляют его потребителю. Из стекающей в фазный разделитель 6 жидкости отбирают в нижней части, как имеющий больший удельный вес, насыщенный осушитель и направляют его на регенерацию, в то время как конденсат с меньшим удельным весом через переливное устройство фазного разделителя 6 стекает в низ колонны на глухую тарелку 7, при этом стекающий конденсат контактирует, проходя через массообменную зону 3, с поднимающейся несконденсировавшейся частью паров дистиллята второй колонны 9, в результате чего из него отпаривают более низкокипящие компоненты. Обогащенный тяжелыми углеводородами нестабильный конденсат (первичный промежуточный продукт) отбирают с глухой тарелки 7 и подают на питание ректификационной колонны 9. Поднимающийся в массообменную часть 10 колонны 9 газ контактирует с орошением, подаваемым по линии 11. Обогащенный низкокипящими компонентами газ – вторичный промежуточный продукт направляют в конденсатор 5, откуда часть сконденсировавшегося дистиллята подают на орошение по линии 11, а часть выводят потребителю, несконденсировавшуюся часть паров дистиллята по линии 12 вновь направляют в первую колонну 1 и подают ниже точки отбора нестабильного конденсата (первичного промежуточного продукта). Стекающий из укрепляющей части колонны 9 конденсат контактирует с поднимающимися из кубовой части колонны 9 подогретыми парами массообменной секции 13, после чего стабильный кон-



**Рис. 8.2. Способ разделения углеводородной смеси:**

1 – подача смеси углеводородов; 2 – массообменная секция К-1; 3 – линия подачи орошения; 4 – конденсатор; 5 – парциальный конденсатор; 6 – фазовый разделитель; 7 – глухая тарелка; 8 – массообменная зона; 9 – нестабильный конденсат; 10, 13 – массообменные секции К-2; 11 – линия орошения К-2; 12 – пары дистиллята; 14 – подогреватель

денсат частично выводят потребителю в виде готового продукта, частично подают в подогреватель 14, откуда в виде парожидкостной смеси направляют в кубовую часть колонны 9.

Предложенный способ разделения многокомпонентной смеси может быть осуществлен и в одноколонном аппарате, в котором давление в кубовой части аппарата немного больше, чем вверху.

### **Эффективность**

Эффективность предложенного способа разделения многокомпонентной смеси достигается за счет снижения энергетических затрат в связи с утилизацией холода и упрощения технологии. Техническое решение используется в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Авторское свидетельство № 817424, БИ № 12, 1981 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.А. Александров, К.Р. Гарайзуев, В.Л. Соркин).

## **8.1.3. СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ**

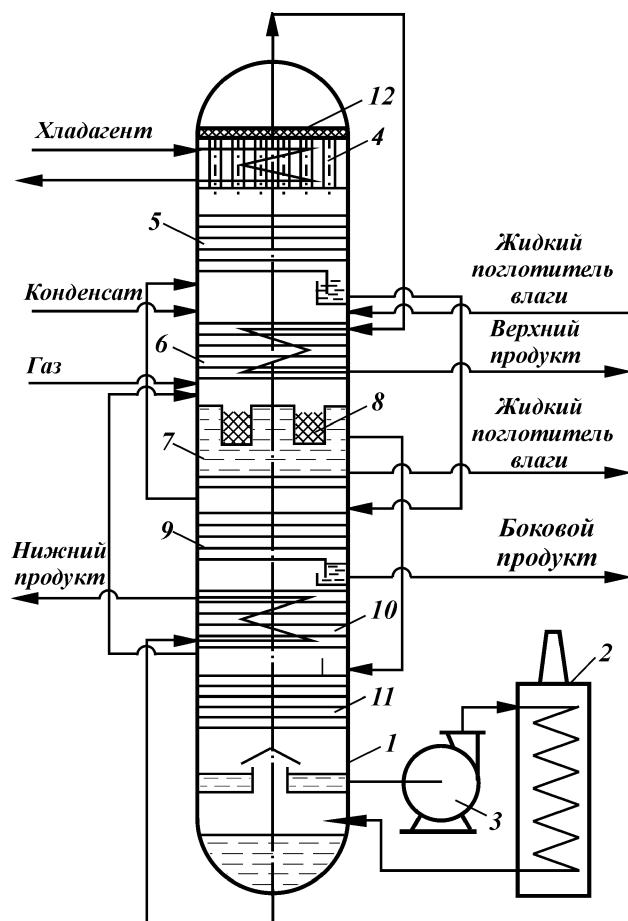
### **Краткое описание**

Предложенный способ разделения углеводородных смесей относится к усовершенствованному методу обработки природного газа и конденсата, а также других жидких и газообразных углеводородов в процессах ректификации.

На рис. 8.3 изображена схема низкотемпературной ректификации.

Смесь углеводородов подают в зону питания колонны 1: газ – под секцию предварительного выделения тяжелых фракций и примесей, а жидкость в виде конденсата и поглотителя примесей (влаги) поступает в эту секцию. При этом из газа, проходящего вверх через теплообменные тарелки 6, за счет утилизации холода уходящего сухого газа конденсируются и поглощаются стекающим конденсатом тяжелые углеводороды ( $C_{5+}$ ). Одновременно на тарелках 6 происходит очистка (осушка) газа и конденсата за счет поглощения сконденсировавшейся влаги жидким поглотителем.

Предварительно охладившийся газ, пройдя секцию тарелок 6, дополнительно охлаждается на тарелках 5 при взаимодействии с холодным жидким продуктом, стекающим сверху вниз,



**Рис. 8.3. Схема низкотемпературной ректификации:**  
 1 – колонна; 2 – подогреватель; 3 – насос; 4 – конденсатор-холодильник; 5, 9, 11 – контактные тарелки; 6, 10 – теплообменные тарелки; 7 – зона фазного разделения жидкостей; 8 – коалесцирующие элементы; 12 – сепарирующее устройство

где из него выделяются углеводороды, используемые для питания тарелок 6 и частично в виде верхнего жидкостного рециркулирующего потока для питания тарелок 9.

Несконденсированная фракция углеводородов, поднимаясь вверх, проходит конденсатор-холодильник 4, при помощи которого поддерживается минимальная температура в колонне за счет подаваемого хладагента. В конденсаторе-холодильнике

часть углеводородов конденсируется и стекает на тарелки 5 в виде холодного орошения. Сухой газ, выйдя из конденсатора-холодильника 4, освобождается от капельной жидкости в сепарирующем устройстве 12 и подается для утилизации холода в трубчатые змеевики теплообменных тарелок 6. Пройдя трубчатые тарелки 6, сухой газ поступает к потребителю.

Жидкость, стекающая из секции тарелок 6, проходит коалесцирующие элементы 8, где мелкие частицы жидкого поглотителя влаги коалесцируются и за счет большой плотности собираются в нижней части фазного разделителя 7 жидкости и затем отбираются на регенерацию, а жидкие углеводороды в виде нижнего жидкостного рециркулирующего потока подаются на секцию тарелок 11 для разделения.

В фазном разделителе 7 паровыми потоками рециркуляции, поднимающимися из секций тарелок 9 и 11, поддерживается оптимальная плюсовая температура.

На контактных тарелках 11 происходит отделение легких фракций, которые подаются под секцию тарелок 10, а частично в виде нижнего парового рециркулирующего потока – под секцию тарелок 6.

Пары, поднимающиеся из секции тарелок 10, конденсируются холодной жидкостью в секции тарелок 9. Сконденсировавшаяся жидкость частично отбирается в виде бокового продукта ( $C_3$ ,  $C_4$ ), а несконденсировавшиеся пары после утилизации тепла в зоне фазного разделения отбираются и подаются в виде верхнего парового рециркулирующего потока под секцию тарелок 5.

Тяжелые жидкие углеводороды, стекающие из секции тарелок 11, насосом 3 подаются в подогреватель 2, откуда в виде парожидкостной смеси направляются в кубовую часть колонны. В кубовой части пары поднимаются вверх в секцию тарелок 11, а жидкость поступает в трубчатые змеевики теплообменных тарелок 10 для утилизации тепла, после чего отбирается в виде готового продукта.

Условия проведения процесса низкотемпературной ректификации.

Среда.....	Углеводороды газообразные и жидкие
Давление процесса, ата .....	16–20
Температура, °С:	
газа, конденсата .....	35–40
верхнего продукта.....	35
бокового продукта.....	40
нижнего продукта .....	45–50
холодного орошения .....	–10
кубовой части.....	145



насыщенного диэтиленгликоля...	20–30
Продукты:	
верхний – сухой газ.....	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>
боковой – сжиженный газ.....	C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub>
нижний – стабильный конденсат	C <sub>5+</sub>
жидкий поглотитель примесей (влаги) – диэтиленгликоль, %...	90–95

### **Эффективность**

Предложенный способ разделения углеводородных смесей позволяет снизить энергетические и капитальные затраты и осуществить процесс осушки и разделения углеводородов в одной колонне. Техническое решение применено в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Авторское свидетельство № 566596, БИ № 28, 1977 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.А. Александров).

#### **8.1.4. СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ ПУТЕМ РЕКТИФИКАЦИИ**

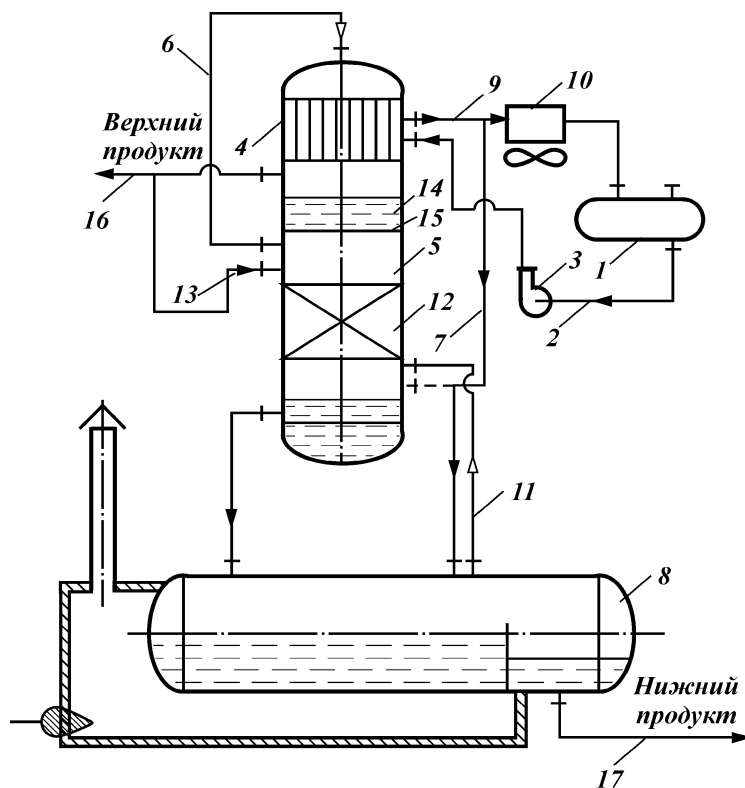
##### **Краткое описание**

Предложенный способ разделения многокомпонентных смесей путем ректификации относится к усовершенствованному методу обработки жидких и газообразных многокомпонентных смесей.

На рис. 8.4 представлена принципиальная технологическая схема предложенного способа разделения многокомпонентной смеси.

Способ реализуется следующим образом.

Сырье в виде многокомпонентной жидкостной смеси из емкости 1 в количестве 2135 кг/ч по линии 2 подают насосом 3 в межтрубное пространство дефлегматора 4, установленного в



**Рис. 8.4. Технологическая схема процесса ректификации:**  
 1 – емкость; 2 – линия подачи сырья; 3 – насос; 4 – дефлегматор; 5 – ректификационная колонна; 6 – линия парового потока; 7 – подогретый поток исходной смеси; 8 – испаритель; 9 – избыточный поток исходной смеси; 10 – аппарат воздушного охлаждения; 11 – паровой поток; 12 – ректификационная секция; 13 – линия подачи рефлюкса; 14 – сборник жидкости; 15 – глухая тарелка; 16 – линия низкипящей фракции; 17 – линия высококипящей фракции

верхней части колонны 5, где сырье подогревают до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  выходящим из колонны паровым потоком, подаваемым в дефлегматор по линии 6.

После дефлегматора подогретый поток исходной смеси в количестве  $625\text{ кг/ч}$  подают по линии 7 в испаритель 8, в котором его нагревают до температуры  $183\text{ }^{\circ}\text{C}$ , соответствующей температуре испарения низкипящей фракции. Избыточный поток исходной смеси ( $1510\text{ кг/ч}$ ) из дефлегматора 4 по линии 9 возвращают через аппарат воздушного охлаждения 10 в сырьевую емкость 1.

Паровой поток из испарителя 8 с температурой 183 °С при избыточном давлении 0,5 атм подают по линии 11 в ректификационную секцию 12 колонны 5 на массообмен с флегмой (сконденсированной жидкостью), которую по линии 13 подают на верхнюю контактную ступень для орошения. В результате взаимодействия происходит обогащение жидкого продукта высококипящими компонентами, а паров – низкокипящими.

Выходящий из ректификационной секции поток пара низкокипящей фракции в количестве 716 кг/ч с температурой 124 °С подают по линии 6 в трубное пространство дефлегматора 4, где, пропуская его сверху вниз, охлаждают до температуры 45 °С и собирают в сборнике жидкости 14, отделенном от секции ректификации 12 глухой тарелкой 15.

Со сборника жидкости 14 часть жидкости возвращают в колонну по линии 13 в количестве 326 кг/ч в качестве орошения (флегмы), а балансовое количество 390 кг/ч низкокипящей фракции отводят по линии 16 в емкость сбора готового продукта.

Неиспаряющуюся в колонне часть сырьевого потока (высокипящую фракцию) в количестве 236 кг/ч отбирают в промежуточную емкость по линии 17.

### **Эффективность**

Предложенный способ разделения многокомпонентных смесей путем ректификации позволяет снизить капитальные и энергетические затраты за счет того, что исходную смесь до подачи в колонну рециркулируют между сырьевой емкостью и дефлегматором в качестве охлаждающей жидкости, нагревают в дефлегматоре, отбирают и подают в колонну или испаритель в качестве сырья. Техническое решение используется в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Патент РФ № 2091116, БИ № 27, 1997 (Авторы: Г.К. Зиберт, Л.Б. Галдина).

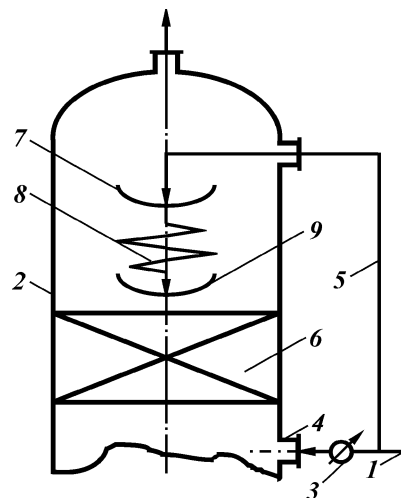
### 8.1.5. СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ

#### Краткое описание

Предложенный способ разделения многокомпонентных смесей (рис. 8.5) относится к разделению многокомпонентных смесей путем противоточного массообмена между паром (газом) и жидкостью, склонной к пенообразованию.

Исходную многокомпонентную жидкую смесь, подаваемую по линии 1 в массообменную противоточную колонну 2, делят на два потока, один из которых после предварительного подогрева в теплообменнике 3 по линии 4 подают на питание колонны, а другой по линии 5 подают на верх колонны 2 в качестве холодного орошения. Перед массообменом между потоком холодного орошения и газом (паром), который проводят на массообменном устройстве 6, поток холодного орошения выветривают сбросом давления до давления уходящего газа (пара) в выветривателе 7, затем осуществляют теплообмен между потоком холодного орошения и уходящим газом в теплообменном устройстве 8, при этом происходит выравнивание температур потока орошения и уходящих газов, после чего поток орошения дополнительно выветривают в выветривателе 9. При необходимости процессы выветривания и теплообмена до массообмена могут повторяться.

**Рис. 8.5. Способ разделения многокомпонентных смесей:**  
1 – подача исходной смеси; 2 – массообменная противоточная колонна; 3 – теплообменник; 4 – подача на питание колонны; 5 – подача холодного орошения; 6 – массообменное устройство; 7, 9 – выветриватель; 8 – теплообменное устройство



### **Эффективность**

Предложенный способ разделения многокомпонентных смесей позволяет достичь в массообменных аппаратах, осуществляющих этот способ, предварительного выравнивания давлений, температуры и частично состава газа (пара) в месте контакта потока орошения и газа (пара), что существенно снижает пенообразование, предотвращает унос дорогостоящей жидкости, например гликолей, и позволяет тем самым повысить эффективность процесса разделения и производительность аппаратов. Техническое решение используется в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Патент РФ № 1126305, БИ № 44, 1982 (Авторы: Г.К. Зиберт, Ю.А. Кащицкий, И.А. Александров, С.И. Кузьмин).

### **8.1.6. СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ СЖАТЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ**

#### **Краткое описание**

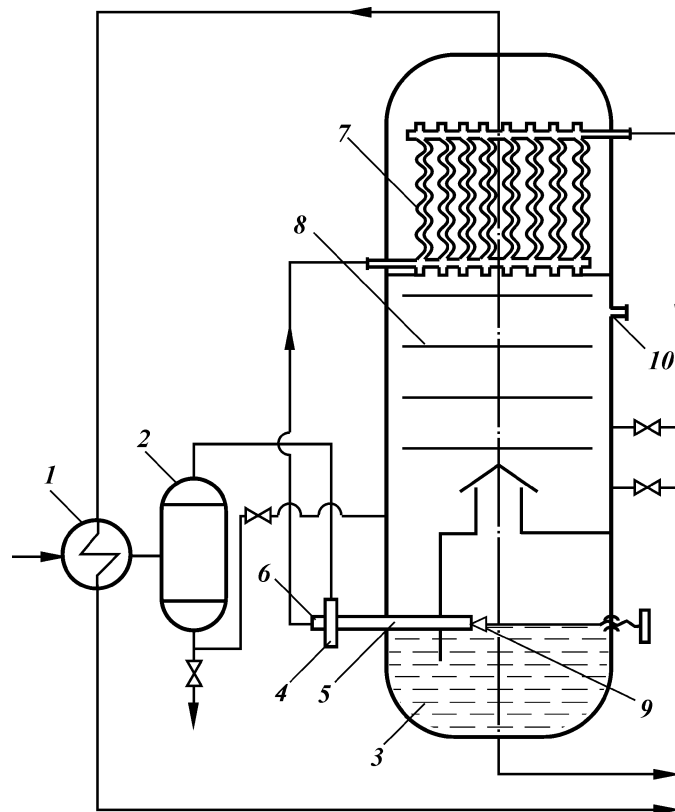
Предложенный способ относится к промышленной обработке и подготовке природного газа и конденсата к транспортировке.

На рис. 8.6 представлена схема установки.

Природный газ, пройдя первую ступень сепарации близ скважины, поступает в холодильник 1, где предварительно охлаждается отбензиненным потоком газа. Затем газ поступает в сепаратор 2 для отделения от капель жидкости. Конденсат из сепаратора может транспортироваться отдельно или подаваться в низ колонны на переработку.

Затем поток газа направляется в вихревую камеру 4, где он, теряя часть давления, разделяется на холодный и горячий потоки. Холодный поток под собственным давлением подается в сепаратор-конденсатор 7 колонны 3, где используется как хладагент для конденсации более тяжелых углеводородов и низкотемпературной сепарации поднимающихся паров.

Для этого можно использовать устройство, совмещающее



**Рис. 8.6. Способ разделения сжатых газовых смесей:**

1 – холодильник; 2 – сепаратор; 3 – колонна; 4 – вихревая камера; 5 – горячий поток вихревой камеры; 6 – холодный поток вихревой камеры; 7 – сепаратор-конденсатор; 8 – контактные устройства; 9 – регулятор расходов; 10 – ввод абсорбента

функции жалюзийного сепаратора и конденсатора пластинчатого типа, имеющего значительные поверхности теплообмена, которое можно смонтировать непосредственно в колонне. Сепаратор-конденсатор может быть как вертикального, так и горизонтального типа.

Сконденсировавшаяся часть паров используется для орошения контактных устройств и позволяет более глубоко осуществить процесс отбензинивания.

Для улучшения отбензинивания абсорбент подают через ввод 10.

Поток газа, отдавший часть холода, подается затем в колонну в качестве питания.

Горячий поток в виде парожидкостной смеси, выйдя из горячего конца вихревой камеры, попадает в кубовую часть массообменной колонны, где происходит испарение легких фракций и теплообмен с продуктом низа колонны (частичная деме-танализация).

Разница температур и фракционного состава потоков в вер-ху и в низу колонны позволяет с помощью монтажных уст-ройств (тарелок) добиться массообмена, углубляющего процесс отбензинивания.

Температура горячего потока регулируется при помощи ре-гулятора 9 расхода горячего потока.

При использовании регулятора расхода горячего потока давление на выходе равно или незначительно больше давления холодного потока. Это позволяет применить сепаратор-конденсатор пластинчатого типа.

Чтобы избежать перегрева, горячий конец вихревой камеры можно охлаждать конденсатором в нижней части колонны.

Инжекторное устройство, установленное на горячем конце вихревой камеры, повышает эффективность контактирования. При этом происходит распыление продукта горячим потоком газа.

Предложенный способ можно применять в аппарате, где вместо контактных устройств будет использована инъекция горячего и холодного потоков из одной или нескольких точек.

При этом повышается скорость процесса, т.е. увеличивается производительность.

Условия проведения процесса.

Вход в холодильник 1:	
давление, ата.....	200÷120
температура, °С.....	40
Холодный поток вихревой камеры:	
давление, ата.....	60÷36
температура, °С.....	- 20
Горячий поток вихревой камеры:	
температура, °С.....	40÷45
Отношение количества холодного потока к общему.....	0,6÷0,7
Температура продукта низа колонны, °С.....	30
Температура продукта верха колонны, °С.....	- 15

### **Эффективность**

Предложенный способ разделения сжатых газовых смесей позволяет производить отбензинивание природного газа в од-ном аппарате без применения насосов, испарителей, холо-

дильников, подогревателей за счет утилизации части пластовой энергии природного газа.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Авторское свидетельство № 366332, БИ № 7, 1973 (Авторы: Г.К. Зиберт, А.Е. Акав).

#### **8.1.7. СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ЖИДКОЙ СМЕСИ**

##### **Краткое описание**

Предложенный способ разделения многокомпонентной жидкой смеси относится к усовершенствованному методу для обработки жидких и газообразных углеводородов, к аппаратному оформлению тепломассообменных процессов в системе газ – жидкость.

На рис. 8.7 показана принципиальная схема способа разделения углеводородных смесей в сложной колонне.

Сырье в виде подогретого углеводородного конденсата подают по линии 1 в печь, где перегревают его на 20–50 °С выше температуры кипения, а затем углеводородный конденсат в паровом состоянии направляют в подогреватель, расположенный в нижней части колонны по линии 2 для отпарки из бокового продукта 3 парового потока 4.

Охлажденный углеводородный конденсат в виде парожидкостной смеси подают по линии 5 на массообмен с потоком 6, стекающим навстречу сырью. При этом из смеси выделяются высококипящие компоненты в виде жидкостного потока 7.

Выделенные высококипящие компоненты жидкостного потока 7 выводят в качестве нижнего отбора, а паровой поток 8, содержащий фракции верхнего и бокового продуктов, направляют на последующее разделение, где осуществляют контакт со стекающим навстречу холодным орошением 9. Легкокипящие компоненты в виде парового потока 10 частично конденсируют потоком хладагента 11, получая поток холодного орошения 9, а несконденсированную часть выводят в виде парового потока 12 (верхний отбор).



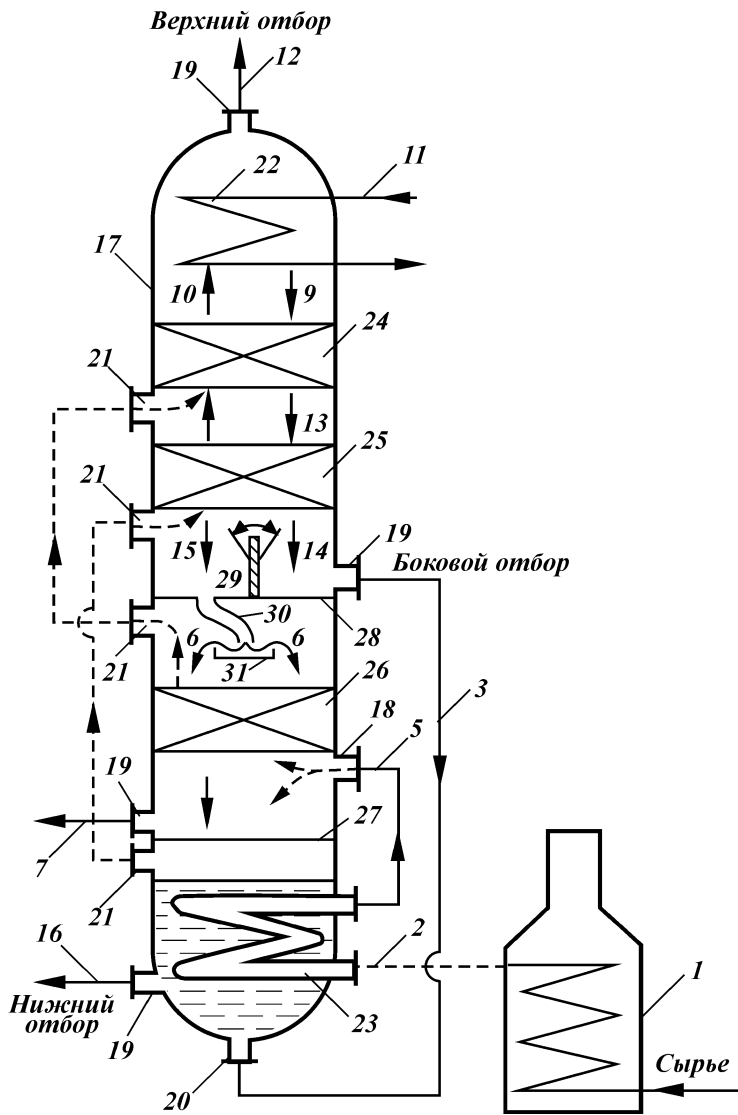


Рис. 8.7. Технологическая схема разделения многокомпонентной жидкой смеси:  
 1 – печь; 2–16 – материальные потоки; 17 – корпус; штуцера: 18 – ввода сырья, 19 – вывода верхнего, нижнего, бокового продуктов и жидкостного потока, 20 – ввода бокового продукта, 21 – байпасирующих паровых потоков; 22 – холодильник; 23 – подогреватель; 24–26 – массообменные секции; 27 – глухая по пару и жидкости тарелка; 28 – глухая по пару тарелка; 29 – регулирующая перегородка; 30 – переливное устройство; 31 – гидрозатвор

Среднекипящие компоненты с примесью низкокипящих компонентов в виде жидкостного потока 13 попадают на отпарку легких компонентов горячим паровым потоком 4. Оставшийся жидкостный поток, включающий среднекипящие компоненты, сливают двумя потоками 14 и 15, соотносящимися между собой как поток бокового отбора 3, который подают на отпарку перегретым сырьем 2 с образованием парового потока 4 и жидкостного потока 16.

Согласно предложенному способу исходное сырье поступает в печь в виде жидкости при давлении 3,0 атм с температурой 130 °С и имеет следующий состав, % (моль): 0,367  $\text{CH}_5$ ; 0,455  $\text{CH}_6$ ; 0,584  $\text{CH}_7$ ; 0,729  $\text{CH}_8$ ; 0,522  $\text{CH}_9$ ; 0,309  $\text{CH}_{10}$ ; фракции с температурой кипения 190–210 °С – 0,148; 210–230 °С – 0,113; 230–250 °С – 0,138; 250–270 °С – 0,140; 270–290 °С – 0,097; 290–310 °С – 0,073; 310–330 °С – 0,060; 330–350 °С – 0,097. В печи сырье перегревают до 297 °С и в виде пара при давлении 1,5 атм направляют в подогреватель 13 под тепломассообменную секцию 26. В этой секции за счет орошения из переливного устройства 30 выделяются высококипящие компоненты в виде жидкого нижнего продукта 7 в количестве 0,199 моль/ч с температурой 223,7 °С и составом, % (моль): 0,966  $\text{CH}_5$ ; 1,201  $\text{CH}_6$ ; 1,542  $\text{CH}_7$ ; 2,736  $\text{CH}_8$ ; 3,203  $\text{CH}_9$ ; 2,971  $\text{CH}_{10}$ ; фракция с температурой кипения 190–210 °С – 2,418; 210–230 °С – 2,818; 230–250 °С – 5,319; 250–270 °С – 8,451; 270–290 °С – 9,270; 290–310 °С – 11,233; 310–330 °С – 14,638; 330–350 °С – 33,204.

Из секции 26 паровой поток 8, имеющий температуру 254,93 °С и содержащий фракции верхнего и бокового продуктов, в количестве 7,32 моль/ч направляют на разделение между секциями 24 и 25.

Пар проходит через секцию 24, орошаемую холодной флегмой из холодильника. Отделенные легкокипящие компоненты выводят в виде парового потока 12 в количестве 2,133 моль/ч при температуре 150,7 °С с составом, % (моль): 15,266  $\text{CH}_5$ ; 18,895  $\text{CH}_6$ ; 23,689  $\text{CH}_7$ ; 26,706  $\text{CH}_8$ ; 13,672  $\text{CH}_9$ ; 1,7473  $\text{CH}_{10}$ ; фракции с температурой кипения 190–210 °С – 0,023; 210–230 °С – 0,0007.

Жидкостный поток из секции 25 в количестве 2,723 моль/ч с температурой 201,9 °С сливают двумя потоками 14 и 15, равными соответственно 2,043 и 0,68 моль/ч. Поток 14 отбирают и направляют в нижнюю часть колонны на отпарку легкокипящих компонентов для получения дизельного топлива, а поток 15 направляют в секцию 26 для орошения. Дизельное топливо выводят из низа колонны через штуцер 20 в количестве 1,506 моль/ч с температурой 202,48 °С и составом, % (моль):

0,00107 CH<sub>5</sub>; 0,6359 CH<sub>6</sub>; 1,204834 CH<sub>7</sub>; 7,045 CH<sub>8</sub>; 16,151 CH<sub>9</sub>; 21,690 CH<sub>10</sub>; фракция с температурой кипения 190–210 °С – 2,418; 210–230 °С – 2,818; 230–250 °С – 5,319; 250–270 °С – 8,451; 270–290 °С – 9,270; 290–310 °С – 11,233; 310–330 °С – 14,638; 330–350 °С – 33,204.

Отпарные легкокипящие компоненты через штуцер 21 в виде парового потока 4 в количестве 0,536 моль/ч и с температурой 207,08 °С направляют на паровое орошение между секцией 25 и тарелкой 28.

### **Эффективность**

Предложенный способ разделения многокомпонентной жидкой смеси позволяет снизить энергозатраты и регулировать состав и качество получаемого бокового продукта, дает возможность получать из углеводородного сырья высококонденционный бензин (верхний продукт) и дизельное топливо, соответствующее стандартам (нижний жидкостной поток). Техническое решение используется в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Патент РФ № 1456174, БИ № 5, 1989 (Авторы: Г.К. Зиберт, Н.Г. Гусейнов, В.А. Окороков, В.И. Майоров).

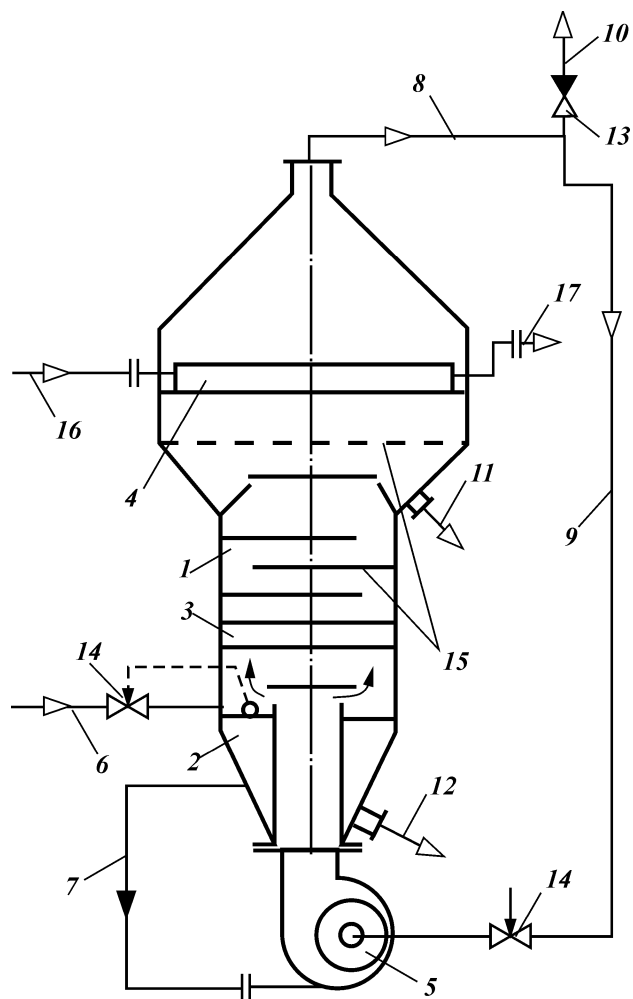
## **8.1.8. СПОСОБ РЕКТИФИКАЦИИ ЖИДКОСТИ**

### **Краткое описание**

Предложенное техническое решение относится к способам ректификации жидкости, в частности к способам регенерации и очистки поглотителей влаги, гликолей, и может быть использовано в промысловых и заводских установках осушки природного газа.

На рис. 8.8 изображена принципиальная технологическая схема установки для осуществления предложенного способа ректификации жидкости.

На рис. 8.9 изображена принципиальная технологическая

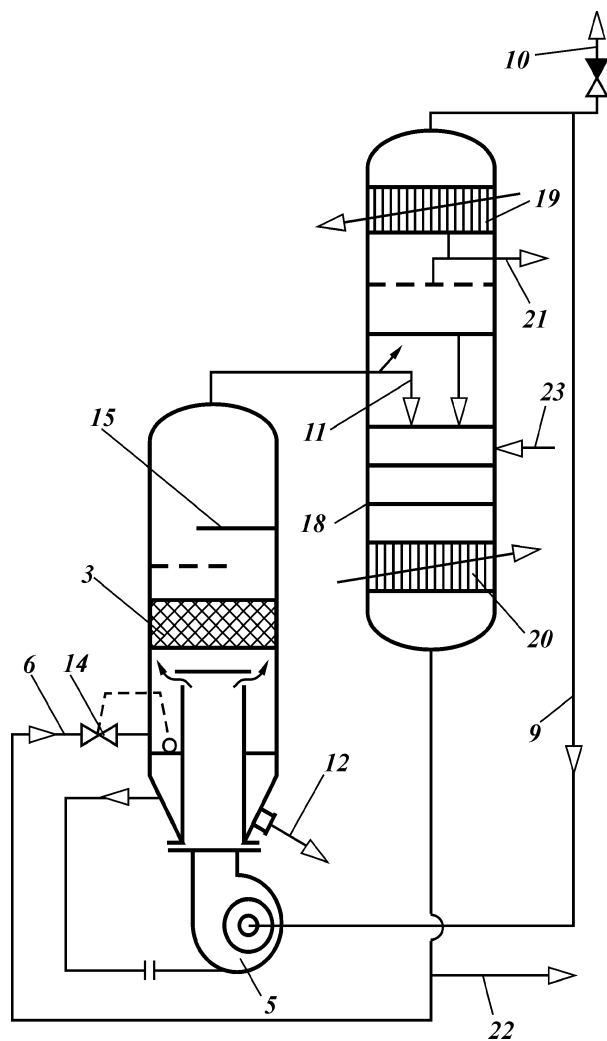


**Рис. 8.8. Технологическая схема ректификационной установки:**

1 – ректификационная колонна; 2 – кубовая часть колонны; 3 – сепаратор; 4 – дефлегматор; 5 – вакуумсоздающая система; линии: 6 – подачи сырья, 7 – рециркуляции жидкости, 8 – выхода несконденсированных паров, 9 – подачи отпарного газа, 10 – сброса несконденсированных паров, 11 – выхода продукта, 12 – выхода остатка; 13 – обратный клапан; 14 – регуляторы расхода; 15 – массообменные тарелки; 16, 17 – линии подачи и выхода хладагента

схема регенерации гликоля с использованием предложенного способа.

Установка (см. рис. 8.8) включает ректификационную колонну 1 с кубовой частью 2, над которой установлен сепаратор



**Рис. 8.9. Технологическая схема регенерации гликоля:**  
 18 – колонна регенерации; 19 – дефлегматор; 20 – испаритель; 21 – линия отвода отпаренной воды; 22 – линия вывода регенерированного гликоля; 23 – линия подачи сырья.  
 1–17 – см. рис. 8.4

3, а в верхней части колонны дефлегматор 4 и вакуумсоздающая система 5. Вход колонны соединен с линией 6 для подачи сырья. Вакуумсоздающая система 5 соединена с кубовой частью 2 линией рециркуляции жидкости 7. Выход верха ко-

лонны 1 соединен с линией выхода несконденсированных паров 10. Ректификационная колонна 1 снабжена линией выхода продукта 11 и линией выхода остатка 12. На линии сброса несконденсированных паров 8 установлен обратный клапан 13, а на линии подачи сырья 6 и линии подачи отпарного газа 9 установлены регуляторы расхода 14. Внутри корпуса 1 между кубовой частью и дефлегматором установлены массообменные тарелки 15. Дефлегматор 4 снабжен линиями подачи 16 и выхода 17 хладагента.

По предложенному способу ректификации жидкости, жидкость (сырье) подают по линии 6 в кубовую часть 2 колонны 1. Далее для нагревания и испарения жидкости осуществляют ее рециркуляцию, подавая по линии рециркуляции жидкости 7 в зону разрежения вакуумсоздающей системы 5. В качестве отпарного газа, подаваемого на контакт с жидкостью в зону разрежения вакуумсоздающей системы, используют несконденсированные пары верха колонны, которые подают по линии подачи отпарного газа 9. Парожидкостную смесь из зоны разрежения вакуумсоздающей системы 5 возвращают в кубовую часть 2 и направляют в противотоке в сепаратор 3 и на массообменные тарелки 15, для отделения от жидкости, которую при этом многократно циркулируют. В качестве вакуумсоздающей системы используют жидкостно-кольцевой или жидкостно-струйный насосы. Пар, поднимающийся к верху колонны 1, конденсируют на дефлегматоре 4. Сконденсированную жидкость (очищенный гликоль) отбирают по линии 1.

Остаток (высококипящие углеводороды, соли, механические примеси, продукты коррозии металла аппаратов трубопроводов) отбирают по линии 12 из кубовой части 2. Невсконденсированные пары (легкие углеводороды) отбирают по линии 8 вверху корпуса 1, причем основную часть паров направляют по линии подачи отпарного газа 9, а оставшуюся отбирают по линии 10.

Использование данного способа для осуществления регенерации гликоля поясняется схемой установки, изображенной на рис. 8.9, которая дополнительно включает колонну регенерации 18 с дефлегматором 19, испарителем 20, выводом отпаренной воды 21, выводом регенерированного гликоля 22 и подачей сырья 23.

Для осуществления регенерации гликоля с использованием предлагаемого способа ректификации жидкости, обеспечивающего комплексную очистку гликоля от тяжелых углеводородов, солей, механических примесей, включающих продукты коррозии металла аппаратов трубопроводов, в качестве сырья в ко-

лонне 1 используют часть регенерированного гликоля, который по линии 6 из колонны регенерации 18 подают в кубовую часть 2 колонны 1 для комплексной очистки, а насыщенный гликоль подают в колонну 18 по линии 23. Очищенный поток гликоля из колонны 1 подают по линии 11 непосредственно в колонну регенерации 18. Так как колонна 1 установки для ректификации жидкости соединена по парам с верхней частью колонны регенерации гликоля 18, то для конденсации паров верха колонны используют дефлегматор 19 с выводом отпаренной воды 21, установленный в колонне регенерации 18, и в качестве отпарного газа в зону разрежения вакуумсоздающей системы 5 подают по линии 9 несконденсированные пары верха колонны регенерации 18. Регенерированный гликоль выводится из колонны регенерации по линии 22.

### **Эффективность**

Применение предложенного способа, в котором с помощью вакуумсоздающей системы осуществляют нагревание и испарение жидкости, создают разрежение (вакуум) и транспортируют несконденсированные пары верха колонны ректификации или регенерации, позволяет снизить температуру низа колонны, предотвратить разложение гликоля на поверхности нагревателя и произвести комплексную очистку гликоля от тяжелых углеводородов, солей и примесей без использования дополнительного оборудования, уменьшив при этом энергетические и капитальные затраты. Техническое решение используется в проектах ЦКБН.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Патент РФ № 2133131, БИ № 20, 1999 (Авторы: Г.К. Зиберт, Е.П. Запорожец).

## 8.2. ОБОРУДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЕСЯ В ПРОЦЕССАХ РАЗДЕЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ ПУТЕМ РЕКТИФИКАЦИИ

### 8.2.1. АППАРАТ ДЛЯ КОНТАКТА ЖИДКОСТИ С ГАЗОМ

#### Краткое описание

Предложенный аппарат для контакта жидкости с газом относится к теплообменным аппаратам для разделения, например, углеводородных смесей.

На рис. 8.10, † представлен аппарат с упругой насадкой, на рис. 8.10, · – вариант аппарата с насыпной насадкой.

Аппарат работает следующим образом.

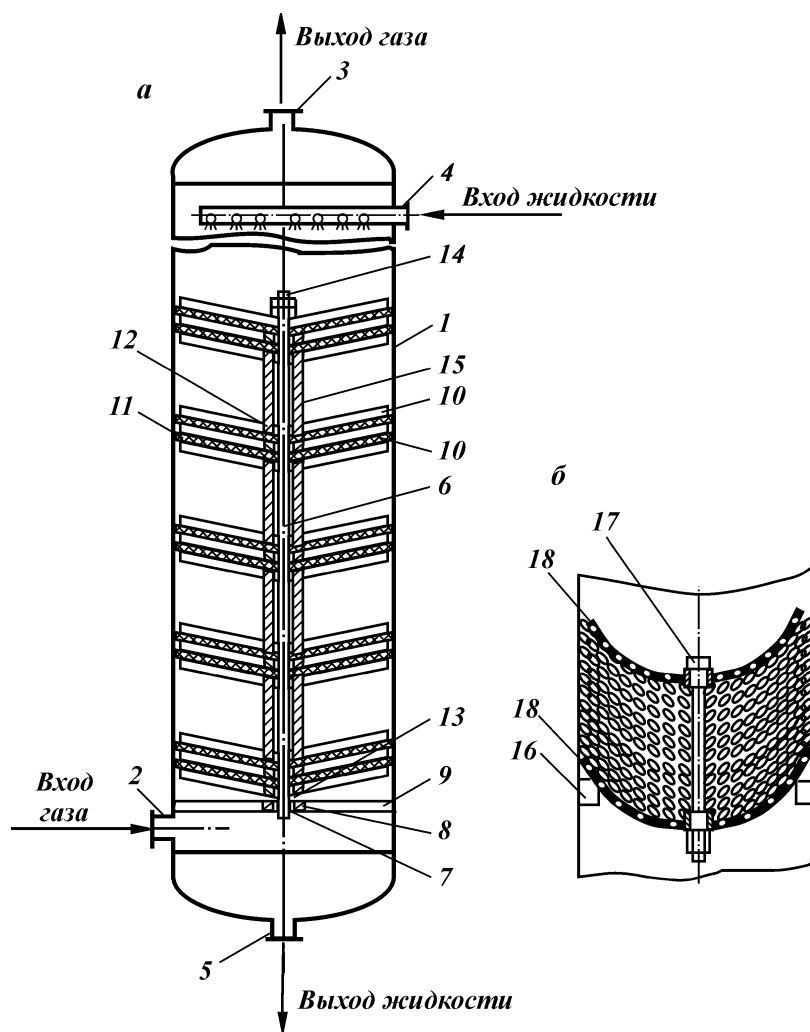
Жидкость через штуцер входа 4 подается на пакеты 11 насадки и смачивает ее развитую поверхность. За счет определенной вогнутости крестовин 10, а следовательно, и пакетов 11 насадки под действием силы тяжести жидкость стекает к центру аппарата, к тяге 6, а газ барботирует через этот жидкостный поток, образуя в слое насадки развитую поверхность массообмена.

В зоне аппарата между пакетами насадки, образованной дистанционным патрубком 15, поднимающийся газовый поток распыляет в центре жидкость, обеспечивая массообмен в этой зоне, и отбрасывает ее к периферии (к стенкам аппарата). Далее жидкость, попадая в слои насадки, опять транспортируется к центру, и процесс повторяется.

Таким образом, благодаря зигзагообразному движению жидкости от центра аппарата к периферии и обратно при стекании ее вниз значительно удлиняется ее путь, а следовательно, и время контакта с газом, что также ведет к увеличению эффективности массообмена.

Кроме того, эффект перераспределения жидкостного потока от стенок к центру обеспечивается не только оттоком жидкости от периферии из-за вогнутости каналов насадки, но и в связи с тем, что поднимающийся газовый поток также перераспределяется в зоне, свободной от насадки (или в зоне с ее меньшей плотностью), обтекая вершину вышележащей вогнутой секции и направляясь к стенкам колонны, способствуя тем самым и перераспределению жидкости.





**Рис. 8.10. Аппараты для контакта жидкости с газом:**

$\ddagger$  – аппарат с упругой насадкой;  $\cdot$  – вариант аппарата с насыпной насадкой.  
 1 – корпус; штуцера: 2, 3 – входа и выхода газа, 4, 5 – входа и выхода жидкости; 6 – тяга; 7, 14 – резьбовое соединение; 8 – втулка; 9 – опорная пере-  
 кладина; 10 – крестовина; 11 – пакеты насадки; 12 – стяжное устройство;  
 13 – буртик; 15 – дистанционный патрубок; 16 – опорная лапка; 17 – шпиль-  
 ка; 18 – перфорированное основание

## **Эффективность**

Предложенная конструкция позволяет за счет определенной вогнутости слоев насадки обеспечить широкий диапазон эффективной работы аппарата, а также увеличить эффективность как массообмена, так и сепарации, благодаря тому, что поверхность вогнутой секции больше, чем горизонтальной.

Кроме того, использование предложенной конструкции дает возможность выполнить насадки с вогнутыми слоями, а значит, и применять разнообразные типы насадок, например, в виде пакетов, обладающих упругостью, или любые насыпные насадки.

Предложенная конструкция позволяет значительно упростить монтаж насадки, для чего необходимо разместить на основании пакеты и затем прижать их верхним основанием, не используя специальную технологию засыпки наполнителя.

Упрощается демонтаж насадки при приложении к общей тяге усилия вертикально вверх; возможно одновременное и быстрое извлечение всех пакетов насадки. Техническое решение широко используется в промышленности.

## **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

## **Литература**

Патент РФ № 1007710, БИ № 12, 1983 (Авторы: Г.К. Зиберт, В.И. Гибкин, И.А. Александров).

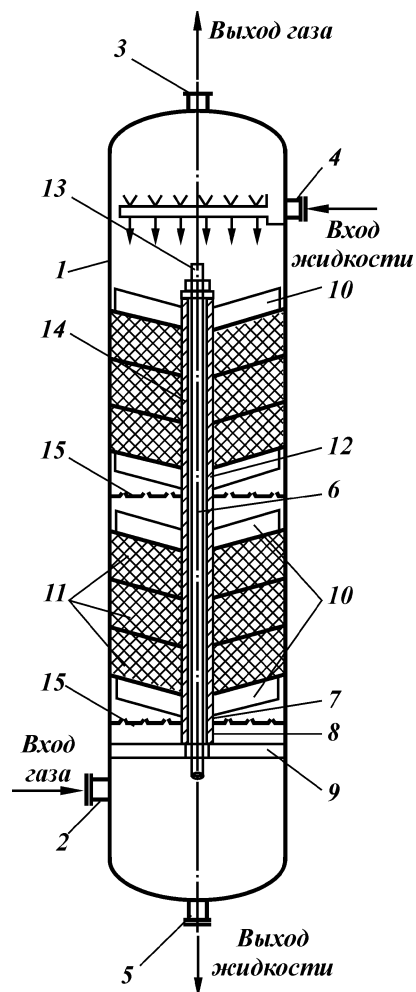
### **8.2.2. АППАРАТ ДЛЯ КОНТАКТА ЖИДКОСТИ С ГАЗОМ**

#### **Краткое описание**

Предложенный аппарат для контакта жидкости с газом (рис. 8.11) относится к теплообменным аппаратам для разделения углеводородных смесей.

Аппарат работает следующим образом.

Жидкость через штуцер 4 подается на пакеты 11 насадки и смачивает ее развитую поверхность. За счет определенной вогнутости крестовин 10, а следовательно, и пакетов 11 насадки под действием силы тяжести жидкость стекает к центру аппарата, к тяге 6, а газ барбатировать через этот жидкостный



**Рис. 8.11. Аппарат для контакта жидкости с газом:**

1 – корпус аппарата; штуцера: 2, 3 – входа и выхода газа, 4, 5 – входа и выхода жидкости; 6 – тяга; 7, 13 – резьбовое соединение; 8 – втулка; 9 – опорная переключина; 10 – основания; 11 – пакеты насадок; 12 – втулки; 14 – дистанционные патрубки; 15 – провальные тарелки

поток, образуя в слое насадки развитую поверхность массообмена.

В зоне аппарата между пакетами насадки, образованной дистанционными патрубками 14, поднимающийся газовый поток распыляет в центре жидкость, обеспечивая массообмен в этой зоне и продвигая жидкость к периферии. Далее жидкость, попадая на слои насадки, транспортируется к центру, и процесс повторяется.

После каждой секции насадки жидкость попадает на про-

вальную тарелку 15, которая расположена на некотором расстоянии от нижнего основания 10 секции насадки 11. Расстояние, на котором располагается провальная тарелка, зависит от угла наклона крестовин 10 и диаметра аппарата.

### **Эффективность**

Так как провальная тарелка выполнена с отверстиями, живое сечение которых рассчитано, исходя из режима захлебывания аппарата на максимальных нагрузках по газу и жидкости, жидкость на ее поверхности барботирует. Часть жидкости протекает на нижнюю секцию насадки, а другая часть попадает на верхнюю, тем самым обеспечивается дополнительное время контакта ее с газом во всем объеме насадок как верхней, так и нижней секции. Это ведет к росту эффективности массообмена и увеличивает диапазон эффективной работы аппарата с двух до трех. За счет повышения эффективности снижается высота аппарата. Техническое решение широко используется в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Патент РФ № 2119814, БИ № 28, 1998 (Автор Г.К. Зиберт).

### **8.2.3. СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ И КОЛОННЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

#### **Краткое описание**

Предложенный способ разделения многокомпонентных смесей относится к усовершенствованному методу обработки жидких и газообразных углеводородов.

Аппарат для его осуществления является усовершенствованным устройством. И способ, и метод относятся к аппаратурному оформлению тепломассообменных процессов в системе газ – жидкость и применимы для получения дизельного топлива и бензина из углеводородного конденсата, а также в абсорберах и других тепломассообменных аппаратах.

На рис. 8.12 представлены принципиальная схема способа разделения в сложной колонне и устройство для реализации указанного способа с вертикальной перегородкой.

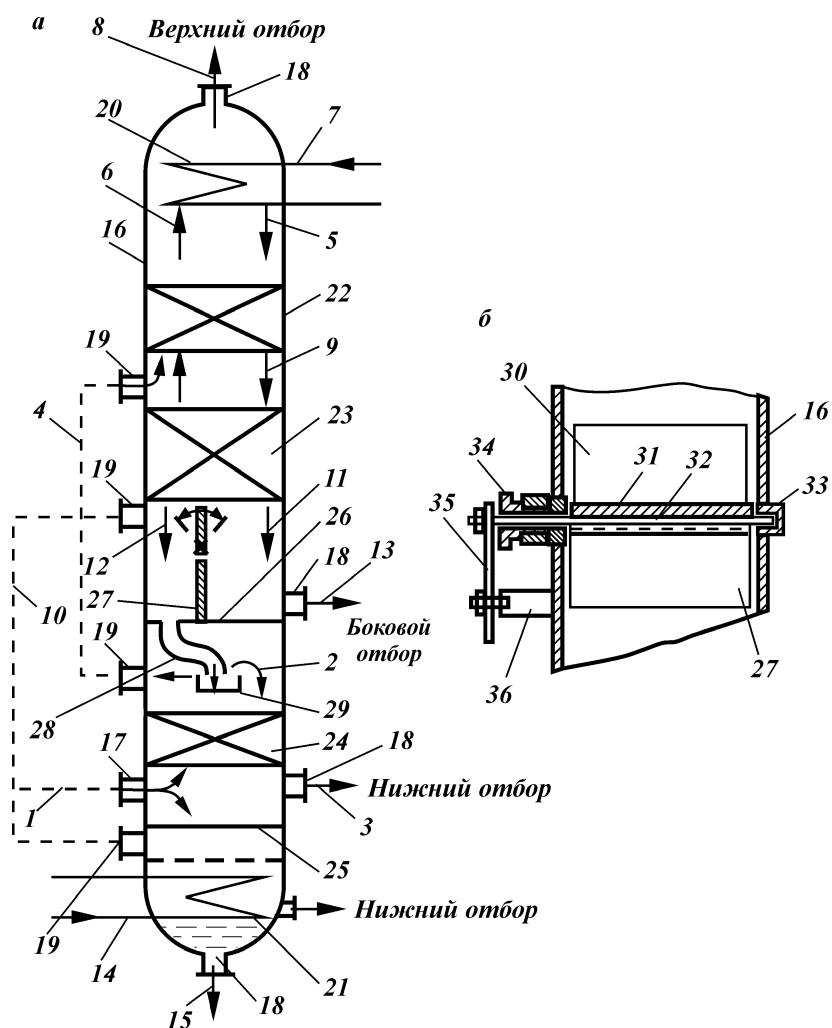
Сырье в виде парожидкостной смеси подают по линии 1 на массообмен с потоком 2, стекающим навстречу сырью с выделением из смеси высококипящих компонентов в виде жидкостного потока 3.

Выделенные высококипящие компоненты – жидкостный поток 3 – выводят в качестве нижнего отбора, а паровой поток 4, содержащий фракции верхнего и бокового продуктов, направляют на последующее разделение, где осуществляют контакт со стекающим навстречу холодным орошением 5. Легкокипящие компоненты в виде парового потока 6 частично конденсируют потоком хладагента 7, получая поток холодного орошения 5, а несконденсированную часть выводят в виде парового потока 8 (верхний отбор).

Среднекипящие компоненты с примесью низкокипящих компонентов в виде жидкостного потока 9 подают на отпарку легких компонентов горячим паровым потоком 10. Оставшийся жидкостный поток, включающий среднекипящие компоненты, сливают двумя потоками 11 и 12, соотносящимися между собой как поток бокового отбора 13 и поток 2. Поток 11 накапливают и отводят в виде бокового отбора 13, который подают на отпарку потоком теплоносителя 14 с образованием горячего парового потока 10 и жидкостного потока 15.

Устройство работает следующим образом.

Парожидкостная смесь через штуцер 17 поступает под тепломассообменную секцию 24, где происходит массообмен с потоком, стекающим через переливное устройство 28 с гидрозатвором 29. В секции 24 из смеси выделяются высококипящие компоненты в виде жидкостного потока и выводятся из колонны через штуцер 18 в качестве нижнего отбора, а паровой поток, содержащий фракции верхнего и бокового продуктов, направляют на последующее разделение в виде байпасирующего потока через штуцер 19 между массообменными секциями 22 и 23, где он контактирует со стекающим после охлаждения холодильником 20 холодным жидкостным потоком (орошением). Паровой поток легкокипящих компонентов из секции 22 частично конденсируют, а несконденсированную часть выводят через штуцер 18 в виде верхнего отбора. Жидкостный поток из секции 22, содержащий среднекипящие с примесью низкокипящих компонентов, подают на отпарку легких компонентов в секцию 23 горячим паровым потоком, который подают через штуцер 19 с нижней части аппарата, снаб-



**Рис. 8.12. Аппарат для разделения многокомпонентных смесей:**  
 1–15 – технологические потоки; 16 – корпус аппарата; штуцера: 17 – ввода сырья, 18 – вывода верхнего, нижнего и бокового продуктов, 19 – байпасирующих паровых потоков; 20 – холодильник; 21 – подогреватель; 22–24 – массообменные секции; 25 – глухая тарелка по жидкости и пару; 26 – глухая тарелка по пару; 27 – вертикальная перегородка; 28 – переливное устройство; 29 – гидрозатвор; 30 – подвижная часть перегородки; 31 – ограничитель поворота; 32 – ось; 33 – втулка; 34 – сальниковое устройство; 35 – управляющая ручка; 36 – фиксатор

женной нагревателем 21. Оставшийся жидкостный поток из массообменной секции 23 сливают с помощью перегородки 27 двумя потоками, соответствующими потоку бокового отбора и потоку, сливаемому на нижележащую секцию 24. При изменении состава сырья, соотношение между потоками бокового отбора и потока, сливаемого на нижележащую секцию 24, изменяется с помощью перегородки 30, перемещающейся с управляющей ручкой 35. Один из сливающихся потоков накапливают и отводят через штуцер 18 в виде бокового отбора, который подают на отпарку при помощи подогревателя 21 и выводят в виде жидкостного потока через штуцер 18. Другой поток через переливное устройство 28 с гидрозатвором 29 направляют в тепломассообменную секцию 24.

### **Эффективность**

Эффективность разделения многокомпонентных смесей повышается за счет того, что регулирование производят сливом двумя потоками, расходы которых пропорциональны заданным потокам бокового отбора потока, поступающего на нижележащую секцию, за счет того, что вертикальная перегородка на глухой по пару тарелке выполнена из двух частей, верхней подвижной и нижней неподвижной, герметично скрепленной со стенками корпуса и глухой по пару тарелкой. Техническое решение используется в проектах ЦКБН.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Авторское свидетельство № 1202113, БИ № 2, 1994 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.Б. Чернина, Н.Г. Гусейнов).

## **8.2.4. ТЕПЛОМАССОБМЕННЫЙ АППАРАТ**

### **Краткое описание**

Предложенная конструкция относится к аппаратурному оформлению процессов тепломассообмена в системе газ – жидкость.

На рис. 8.13 представлен тепломассообменный аппарат, который работает следующим образом.

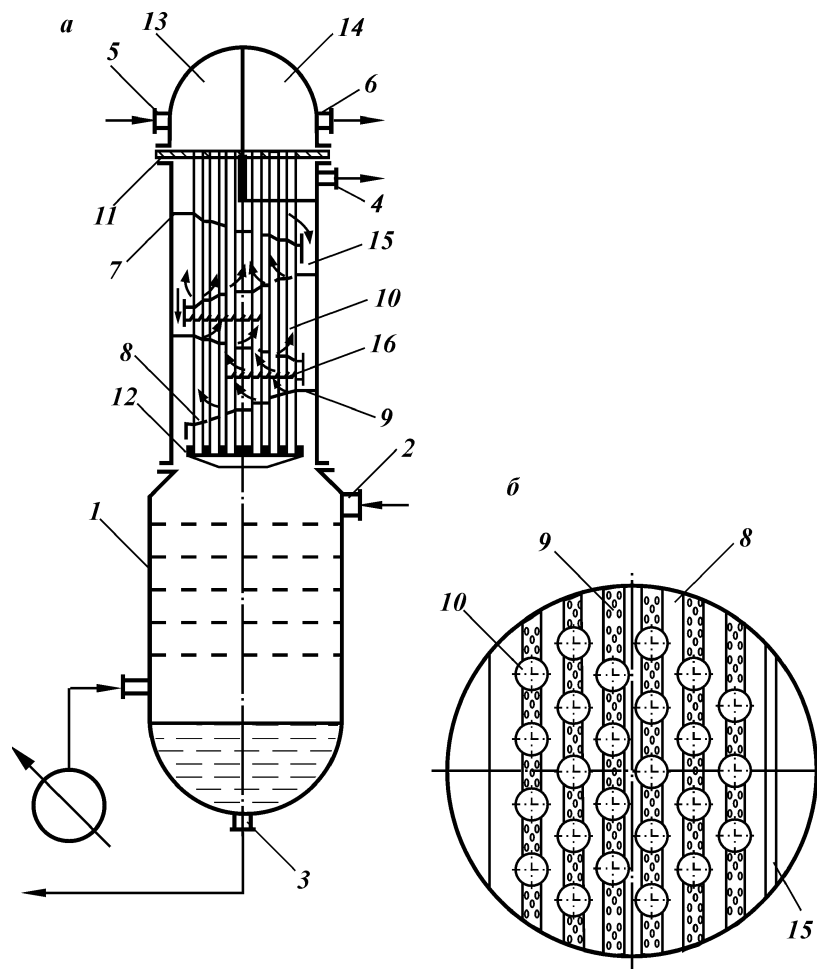


Рис. 8.13. Тепломассообменный аппарат:  
 † – продольный разрез; · – тарелка.

1 – корпус; штуцера: 2 – ввода исходной смеси, 3 – выхода жидкости, 4 – выхода паровой фазы, 5, 6 – ввода и вывода тепло- или хладагента; 7 – тарелки; 8 – горизонтальные секции; 9 – перфорированные наклонные секции; 10 – теплообменные трубы; 11, 12 – трубные решетки; 13, 14 – камеры подачи и вывода тепло- или хладагента; 15 – переливные устройства; 16 – направляющие элементы

В центральную часть аппарата через штуцер 2 подают исходную парожидкостную смесь. При этом паровая фаза, представляющая собой совокупность восходящего потока пара из куба колонны и части исходной смеси, взаимодействует с жид-



костью, образующейся при конденсации пара и стекающей вниз через переливные устройства 15. Наличие барботажного слоя, формирующегося при прохождении пара через перфорацию наклонных секций 9 тарелок 7, обеспечивает интенсивный массообмен, а также улучшает процесс теплообмена в аппарате, поскольку при движении пара в межтарельчатом пространстве происходит более полное поперечное омывание поверхности трубного пучка. Эффективному использованию объема аппарата способствует также установка направляющих элементов 16. В теплообменные трубы 10 через штуцер 5 камеры 13 может подаваться тепло- и хладагент, который выводится из аппарата через штуцер 6 камеры 14. Проконтактировавшие паровая и жидкая фазы выводятся из аппарата соответственно через штуцера 4 и 3.

### **Эффективность**

Предложенная конструкция аппарата позволяет интенсифицировать процесс за счет более полного поперечного омывания поверхности трубного пучка по всему объему межтарельчатого пространства. Техническое решение использовано в промышленности.

### **Разработчик**

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

### **Литература**

Авторское свидетельство № 1200924, БИ № 48, 1985 (Авторы: Ю.А. Арнаутов, В.Г. Гореченков, Л.Н. Карпина, Г.К. Зиберт, Ю.А. Кашицкий, З.С. Ахунов).

## **8.2.5. ТЕПЛОМАССОБМЕННЫЙ АППАРАТ**

### **Краткое описание**

Предложенная конструкция аппарата относится к аппаратному оформлению тепломассообменных процессов в системе газ – жидкость и позволяет интенсифицировать процессы тепломассообмена за счет повышения поверхности контакта фаз и поверхности теплообмена, а также повышения равномерности распределения газожидкостного слоя по полотну тарелок.

Тепломассообменный аппарат (рис. 8.14) содержит корпус 1, в котором расположены контактные тарелки 2. Тарелки 2 снабжены отверстиями 3 для прохода газа, выполненными в виде отогнутых вверх просечек полотна тарелки 2, и отверстиями 4 для слива жидкости, которые могут быть выполнены в виде щелей с отогнутыми вниз кромками. Над полотнами тарелок 2 установлены теплообменные элементы 5 – ряд горизонтальных параллельных труб. Под отверстиями 4 для слива жидкости размещены дополнительные теплообменные элементы 6. Отверстия 4 расположены непосредственно под трубами теплообменных элементов 5.

Отверстия 3 для прохода газа могут быть размещены параллельными рядами между трубами теплообменных элементов 5 и в каждом ряду ориентированы поочередно в противоположные стороны.

Целесообразно размещать отверстия 3 для прохода газа относительно труб теплообменного элемента 5 так, чтобы расстояние  $l$  от передней кромки отверстия 3, образованного отгибом вверх ориентированной в сторону трубы теплообменного элемента 5 просечки, до вертикальной проекции оси данной трубы на полотно тарелки 2 составляло

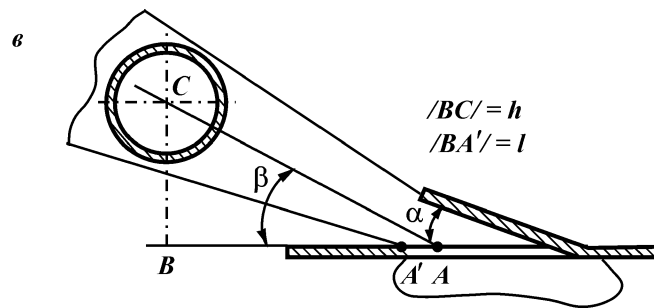
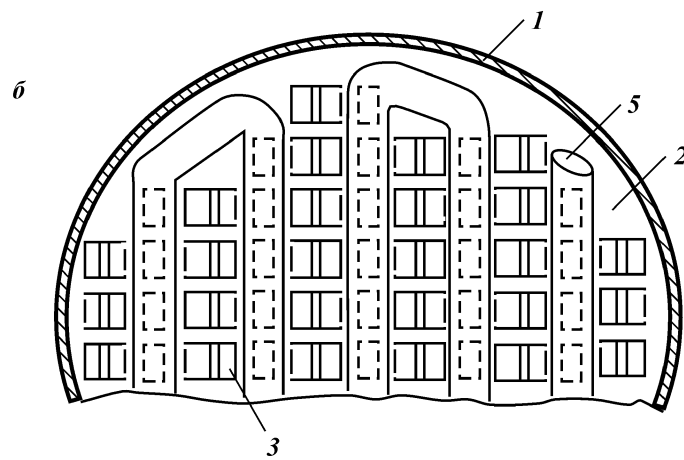
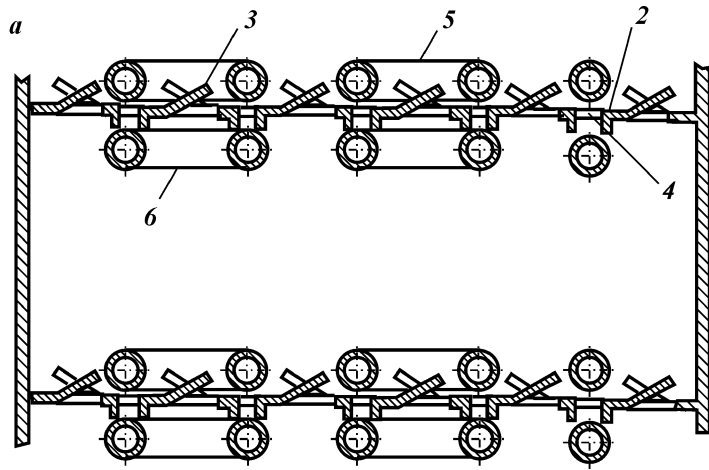
$$l = h[\operatorname{tg}(20 + 0,91\alpha)],$$

где  $h$  – расстояние от центра трубы элемента 5 до полотна тарелки 2, м;  $\alpha$  – угол отгиба просечки отверстия 3, град.

Для доказательства данного соотношения были проведены замеры угла  $\beta$  наклона ядра струи (продольной ее оси) в зависимости от угла  $\alpha$  наклона просечки к полотну тарелки. Измерения проведены для просечек с длиной 15, 25 и 35 мм. На основе обработанных экспериментальных данных получена корреляционная зависимость, связывающая названные параметры:

$$\beta = 20 + 0,91\alpha. \quad (1)$$

На рис. 8.14, , приведена расчетная схема для определения оптимального расположения просечек относительно труб верхнего теплообменного элемента. Близлежащая труба и просечка расположены так, что ось ядра струи  $\overset{\circ}{A}\overset{\circ}{E}$  пересекается с продольной осью трубы. С достаточной для технических расчетов точностью можно принять, что расстояние  $|\overset{\circ}{C}\overset{\circ}{E}| = |\overset{\circ}{C}\overset{\circ}{A}'| = l$  (разница между ними составляет 2–4 %) и что углы  $\angle \overset{\circ}{C}\overset{\circ}{A}\overset{\circ}{E}$  и  $\angle \overset{\circ}{C}\overset{\circ}{A}'\overset{\circ}{E}$  равны. Тогда из треугольника  $\overset{\circ}{A}\overset{\circ}{C}\overset{\circ}{E}$  следует, что расстояние от передней кромки просечки до вертикальной проекции оси трубы на полотно тарелки



$$l = |BC| / \operatorname{tg}\beta = h / \operatorname{tg}\beta; (h = |BC|). \quad (2)$$

С учетом выражения (1), формула (2) примет вид

$$l = h / [\operatorname{tg}(20 + 0,91\alpha)]. \quad (3)$$

Таким образом, целесообразно просечки относительно труб теплообменного элемента, расположенного над полотном тарелки, располагать так, чтобы расстояние от передней кромки отверстия, образованного отгибом вверх ориентированной в сторону трубы теплообменного элемента просечки, до вертикальной проекции оси данной трубы на полотно тарелки было равно  $l$ , где  $l$  вычисляется по формуле (3).

Тепломассообменный аппарат работает следующим образом.

Жидкость поступает на полотно тарелки 2 либо с распределительной тарелки, либо с вышерасположенной тарелки. Газ (пар), проходя через отверстия 3, эжектирует жидкость, и образовавшиеся газожидкостные струи направляются на трубы верхнего теплообменного элемента 5. В результате удара газожидкостной струи о трубы верхнего теплообменного элемента 5 происходит существенная интенсификация процесса теплообмена и сепарация основной массы проконтактировавшей жидкости. После удара газ (пар) поступает на вышележащую тарелку, а проконтактировавшая с газом (паром) жидкость через отверстия 4, расположенные непосредственно под трубами верхнего теплообменного элемента 5, попадает на трубы нижнего теплообменного элемента 6, где происходит дополнительный теплообмен. Таким образом, полотно тарелки 2 разбивается на зоны полного перемешивания, ограниченные трубами верхнего теплообменного элемента 5, с осуществлением регулярного слива проконтактировавшей жидкости из этих зон. Путем выполнения отверстий 4 для слива жидкости в виде щелей с отогнутыми вниз кромками и подбора расстояния между полотнами тарелки 2 и трубами нижнего теплообменного элемента 6 достигается необходимый гидравлический затвор, препятствующий проходу газа (пара) через отверстия 4 для слива жидкости. Через зазор между полотном тарелки 2 и трубами нижнего теплообменного элемента 6 либо через зазор между трубами нижнего теплообменного элемента 6 и кромками

**Рис. 8.14. Тепломассообменный аппарат:**

† – общий вид; · – вид сверху; , – схема для определения оптимального расположения просечек относительно труб верхнего теплообменного элемента.

1 – корпус; 2 – контактные тарелки; 3 – отверстия для прохода газа; 4 – отверстия для слива жидкости; 5 – теплообменные элементы; 6 – дополнительные теплообменные элементы

отверстий 4 (в случае выполнения последних в виде щелей с кромками, отогнутыми вниз), жидкость, образуя кромку в межтарельчатом пространстве, попадает на нижерасположенную тарелку.

В результате этого создается дополнительная противоточная зона контакта между пленкой стекающей жидкости и потоком поднимающегося газа (пара), что приводит к увеличению интенсивности массообмена при минимальных затратах энергии.

Кроме того, обеспечивается равномерное распределение газожидкостного слоя и жидкости по трубам теплообменных элементов в сочетании с секционированием полотна тарелки на зоны полного перемешивания, что также увеличивает эффективность тепломассообмена.

### **Эффективность**

Преимущество предложенного тепломассообменного аппарата заключается в интенсификации процесса тепломассообмена, так как слив проконтактировавшей жидкости происходит регулярно через специальные отверстия, а не случайным образом, в результате чего достигается равномерное распределение газожидкостного слоя и жидкости по трубам теплообменных элементов, что увеличивает эффективность теплообмена.

Кроме того, предлагаемая конструкция тепломассообменного аппарата позволяет увеличить интенсивность массообмена за счет создания дополнительных зон контакта между газом (паром) и жидкостью в межтарельчатом пространстве, а также за счет секционирования полотен контактных тарелок трубами теплообменных элементов на зоны полного перемешивания.

### **Разработчик**

ВНИПИГазпереработка и Московский институт химического машиностроения.

### **Литература**

Авторское свидетельство № 1528519, БИ № 46, 1989 (Авторы: Ю.Н. Сирьянник, А.С. Меренов, О.С. Чехов, В.Г. Гореченков, Ю.А. Арнаутов, Г.К. Зиберт).

## 8.2.6. РЕКТИФИКАЦИОННАЯ КОЛОННА ДЛЯ ПЕРЕГОНКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ

### Краткое описание

Предложенная ректификационная колонна (рис. 8.15) может найти применение в нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности.

На рис. 8.15 представлены колонны:  $\ddagger$  – с коаксиально установленными камерами (приемной и отборной) и вводом горячего рециркуляционного потока через два штуцера (жидкостный и паровой);  $\cdot$  – с плоскими перегородками и одним штуцером ввода рециркуляционного потока.

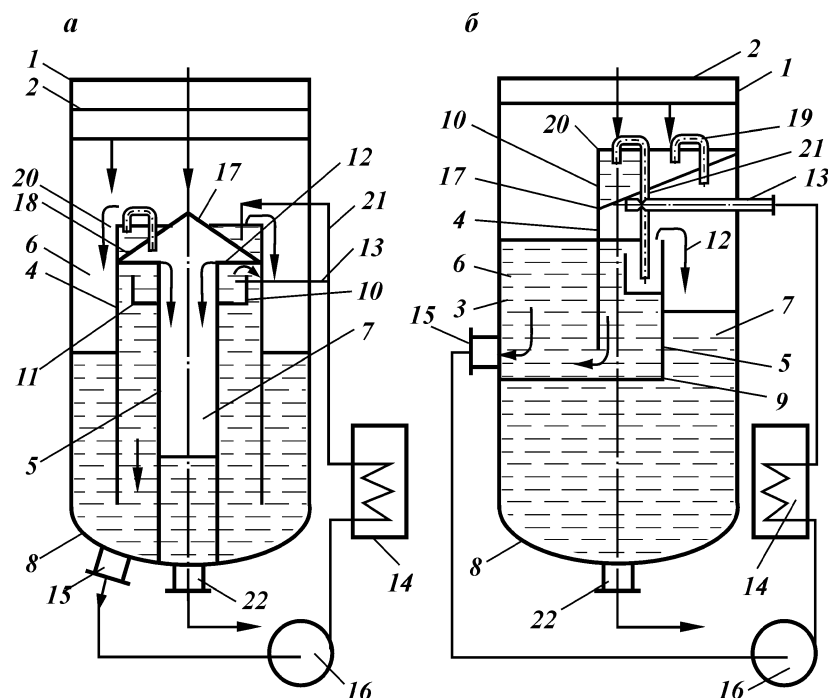
Устройство работает следующим образом.

Жидкая часть потока сырья и флегмы проходит контактные устройства 2 отгонной секции 1, где контактирует с поднимающимися парами, при этом происходит отделение легкокипящих компонентов. С нижней тарелки отгонной секции жидкость попадает на глухую тарелку, где дополнительно нагревается при контакте с потоком пара, поступающим из штуцера 21 потока рециркуляции. С глухой тарелки оставшаяся жидкость подается в приемную камеру 6, где дополнительно нагревается за счет смешения с частью потока рециркулируемой жидкости, поступающей в карман 10.

При нагревании жидкости дополнительно отделяются легкокипящие компоненты. Из приемной камеры 6 через штуцер 15 насосом 16 жидкость подается на подогрев в подогреватель 14. Из подогревателя 14 пары подаются через штуцер 21 на отпарку жидкости на глухой тарелке 18, а жидкость – в карман 10. Из кармана 10 часть жидкости отбирается через зазор между перегородками 4 и 5 в приемную камеру 6, а часть перетекает в камеру отбора продукта 7, из которой по уровню отбирается в виде готового продукта через штуцер 22.

### Эффективность

При установлении в зазоре между камерами кармана, переливная кромка которого расположена ниже переливной кромки перегородки камеры отбора, появляется возможность вводить часть рециркулирующего “горячего” потока, содержащего тяжелые компоненты, непосредственно в жидкую фазу. При этом в газовое пространство под нижней ректификационной тарелкой поступает часть рециркулирующего потока, содержащего легкокипящие компоненты. В этом случае исключаются потери тепла при вводе рециркулирующего потока через наружную



**Рис. 8.15. Ректификационная колонна:**

† – колонна с коаксиально установленными камерами и вводом горячего рециркуляционного потока через два штуцера; · – колонна с плоскими перегородками и одним штуцером ввода рециркуляционного потока.  
 1 – отгонная секция; 2 – контактные устройства; 3 – сборник жидкости; 4, 5 – перегородки; 6 – приемная камера; 7 – камера отбора продукта; 8 – днище; 9 – основание; 10 – карман; 11, 12 – переливные кромки; штуцера: 13 – ввода рециркулирующего потока, 21 – отбора пара, 22 – отбора нижнего продукта; 14 – подогреватель; 15 – штуцер; 16 – насос; 17 – полотно; 18 – глухая тарелка; 19 – уравнильная трубка; 20 – кромка

стенку аппарата, обеспечивается наличие рециркулирующей жидкости в насосе и трубах печи, т.е. исключается срыв работы насоса и уменьшаются энергетические и капитальные затраты, а также повышается эффективность работы колонны. При сообщении штуцера ввода рециркулирующего потока с карманом исключается перемешивание тяжелых и легких компонентов, содержащихся в рециркулирующем потоке, в газовом пространстве под нижней ректификационной тарелкой. При этом не происходит выравнивание концентраций рециркулирующего “горячего” потока и потока, падающего с нижней ректификационной тарелки, исключается снижение темпера-

туры и конденсации легкокипящих компонентов в пространстве под нижней ректификационной тарелкой, что влияет на эффективность работы колонны и качество продукта. Таким образом, при соединении штуцера ввода рециркулирующего потока с карманом обеспечивается увеличение эффективности работы колонны, а также исключается попадание легкокипящих компонентов в камеру сбора продукта, т.е. улучшается качество разделяемого нижнего продукта без дополнительных энергетических и капитальных затрат. При этом не требуется увеличивать количество рециркулирующего “горячего” потока, необходимого для предотвращения потерь тепла в газовом пространстве. Это исключает увеличение нагрузки на насос, что приводит к уменьшению энергетических и капитальных затрат.

Выполнив одну из перегородок приемной камеры в виде глухой тарелки, в которую выведена уравнивательная трубка, обеспечивают выравнивание давлений в приемной и отборной камерах, которые сообщаются между собой посредством гидрозатвора, а также разделение приемной и отборной камер по газовому пространству, что исключает перемешивание компонентов, содержащихся в газовом пространстве этих камер. При этом исключается выравнивание концентраций компонентов, улучшается эффективность работы колонны и повышается качество продукта.

При выведении газовой линии от штуцера ввода рециркулирующей жидкости в глухую тарелку обеспечивается предварительная отпарка легкокипящих компонентов из жидкости на глухой тарелке и предварительный нагрев этой жидкости.

Преимущество данного устройства заключается в том, что жидкостный продукт отбирается при наиболее высокой температуре после рециркуляции и нагрева в печи без соприкосновения с паром и жидкостью под нижней контактной ступенью, что обеспечивает наиболее качественное разделение при наименьших энергетических и капитальных затратах.

Техническое решение использовано в промышленности.

#### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

#### **Литература**

Патент РФ № 1785442, БИ № 48, 1992 (Автор Г.К. Зиберт).



### 8.2.7. УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ

#### Краткое описание

Предложенное устройство для разделения углеводородных смесей относится к установкам для разделения углеводородных смесей, например газового конденсата, и может быть использовано при производстве бензина и дизельного топлива.

На рис. 8.16 представлена схема устройства для разделения углеводородных смесей.

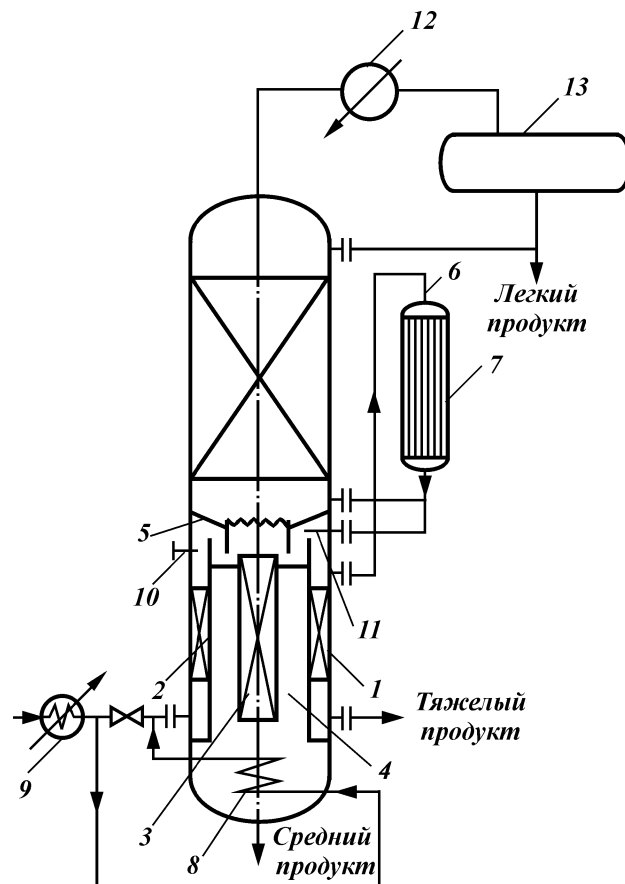
Устройство работает следующим образом.

Сырьевой поток через подогреватель 9 и испаритель 8 в паровом состоянии подают в нижнюю часть нижней колонны 1. За счет ректификации в нижней колонне 1 выделяют тяжелый продукт и отводят его с низу колонны.

Паровой поток из нижней колонны 1 по линии 6 с теплообменником 7, в котором происходит его охлаждение, подают в среднюю часть верхней колонны 3. В верхней ректификационной колонне 3 происходит отделение легкой фракции, часть которой после прохождения конденсатора 12 и флегмовой емкости 13 отбирают как легкий продукт, а другую часть возвращают в верхнюю колонну в качестве орошения.

Средняя фракция стекает в нижнюю часть верхней колонны 3, имеющую меньший диаметр и расположенную с зазором 4 в обечайке 2, установленной в нижней колонне 1. Орошение производят через штуцера 10 и 11 внешнего и внутреннего орошения соответственно, которые соединены по жидкости с гидрозатвором, разделяющим верхнюю и нижнюю колонны. За счет ректификации в нижней части верхней колонны, осуществляемой с помощью тепла от испарителя, получаемого от перегретого сырья, происходит отделение легкого продукта. Выделенную таким образом среднюю фракцию отводят с низа верхней колонны.

Выполнение нижней колонны 1 с установленной в ее средней части обечайкой 2, в которой с зазором 4 расположена нижняя часть верхней колонны 3, установление между колоннами перегородки, выполненной в виде гидрозатвора и являющейся глухой для парового потока нижней колонны, а также соединение нижней колонны со средней частью верхней колонны линией 6 для подачи парового потока из нижней колонны 1 в среднюю часть верхней колонны 3, в которой установлен теплообменник 7, необходимый для охлаждения парового потока, выходящего из нижней колонны 1, обеспечивают в совокупности эффективную работу колонн, установленных



**Рис. 8.16. Устройство для разделения углеводородных смесей:**

1 – нижняя колонна; 2 – обечайка; 3 – верхняя колонна; 4 – зазор; 5 – перегородка; 6 – линия парового потока; 7 – теплообменник; 8 – испаритель; 9 – подогреватель сырья; 10, 11 – штуцера внешнего и внутреннего орошения; 12 – конденсатор; 13 – флегмовая емкость

последовательно, в которых, например, из нижней колонны отбирают тяжелый продукт, из верхней части верхней колонны – легкий продукт и из нижней части верхней колонны – средний. Для этого температура в верхней части колонны 3 должна быть ниже, чем в нижней колонне 1, а температура парового потока, подаваемого из нижней колонны в среднюю часть верхней колонны 3, должна быть равна среднему арифметическому температур в нижней колонне 1 и верхней части верхней колонны 3.

## **Эффективность**

В предложенном устройстве для разделения углеводородных смесей повышение эффективности разделения достигается путем исключения температурных влияний одной колонны на другую при одновременном сохранении габаритов и энергозатрат.

Эта установка, предназначенная для переработки стабильного углеводородного конденсата, в зависимости от физико-химических свойств исходного сырья и требований потребителя может обеспечить получение следующих продуктов:

дизельных топлив различных марок (зимнее, арктическое, летнее по ТУ или ГОСТ);  
котельного топлива.

Кроме того, возможно получение более узких компонентов: керосина, растворителя, бензиновой фракции, которая может быть использована для получения высокооктанового бензина и др.

Типоразмерный ряд включает в себя установки производительностью 5; 12,5; 25; 50; 100 тыс. тонн в год по сырью.

Установка производительностью 5 тыс. тонн в год по конденсату работает в “Уренгойбурэнерго”, производительностью 15 тыс. тонн в год – на предприятии “Тюменбургаз”.

Применение новых технологических, компоновочных и конструктивных решений позволяет свести к минимуму количество технологического оборудования, уменьшить его габариты, в результате чего основное технологическое оборудование сконпоновано в единый колонный агрегат, а вся установка – в малогабаритный блок-модуль, требующий в несколько раз меньше площадей застройки, межблочных коммуникаций и т.д. по сравнению с обычными установками или заводами.

Малогабаритные установки могут быть привязаны непосредственно к местам добычи природного и попутного газа, возможна переработка сырья различного состава.

Область применения: объекты газонефтедобычи.

## **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28), АО “Октан”.

## **Литература**

Патент РФ № 2105591, БИ № 6, 1998 (Авторы: Г.К. Зиберт, Р.Ю. Пролесковский, В.С. Сухоносков).