Библиотека СОК

УДК 553.981:620.16
ББК 26.325
З 59

Зиберт Г.К., Седых А.Д., Кащицкий Ю.А., Михайлов Н.В., Демин В.М.

З 59 Подготовка и переработка углеводородных газов и конденсата. Технологии и оборудование: Справочное пособ. – М.: ОАО "Недра-Бизнесцентр", 2001. – 316 с.: ил.

ISBN 5-8365-0069-X

Описаны основные изобретения по технологическим процессам очистки, подготовки и переработки природных газов, по технологическому оборудованию и устройствам, применяемым ДАО ЦКБН ОАО "Газпром" при обустройстве газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений.

Приведенные технические решения совершенствования существующего и разрабатываемого оборудования и технологических процессов подготовки, переработки и утилизации углеводородных газов, конденсата и нефтепродуктов позволяют проанализировать направления совершенствования отечественных разработок в газовой и нефтяной промышленности.

Для специалистов газовой, нефтяной промышленности, машиностроительных предприятий и конструкторов технологического оборудования. Может быть использована для подготовки и повышения квалификации специалистов указанного профиля.

Zibert G.K., Sedykh A.D., Kashitskiy Yu.A., Mikhailov N.V., Demin V.M.

Preparation and Processing of Hydrocarbon Gases and Condensate. Technology and Equipment: Handbook.

The book describes the main inventions concerning technological processes of natural gas cleaning, preparation, and processing together with technological equipment and devices used by specialists of Central Design Department for Oil Equipment Subsidiary Joint Stock Corporation at "Gazprom" JSC for construction of gas, gas condensate and oil fields.

Engineering approaches for modernization of existing equipment and equipment under development as well as technological processes of preparation, processing, and utilization of hydrocarbon gases, condensate, and oil products given in the book help to analyze the main directions of improvements in domestic gas and oil industry.

Advisable for specialists engaged in gas and oil industry and mechanical engineering works as well as designers of technological eqiupment. Also recommended for education and improvement of qualification for specialists in the area mentioned.

ISBN 5-8365-0069-X

© Г.К. Зиберт, А.Д. Седых, Ю.А. Кащицкий, Н.В. Михайлов, В.М. Демин, 2001
© Оформление. ООО "Недра-Бизнесцентр", 2001

Содержание

Вместо предисловия 5
Введение 7

Раздел 1. **Технологии и оборудование подготовки сероводородсодержащих газов** 9

1.1. Технологии 9
1.1.1. Способ очистки потоков углеводородных газов различного давления от кислых компонентов 9
1.1.2. Способ очистки газа от кислых компонентов и абсорбер для его осуществления 11

1.2. Оборудование 13
1.2.1. Тепломассообменный аппарат 13

Раздел 2. **Технологии и оборудование, использующиеся при абсорбционной осушке газа** 17

2.1. Технологии 17
2.1.1. Способ осушки газа 17
2.1.2. Способ осушки природного газа 18
2.1.3. Способ массообмена и устройство для его осуществления 20
2.1.4. Насосно-эжекторная установка 21
2.1.5. Способ проведения абсорбционных процессов 23
2.1.6. Способ осушки газа 25

2.2. Абсорбционное оборудование осушки природного газа 28
2.2.1. Роторная массообменная колонна 28
2.2.2. Аппарат для обработки газа 30
2.2.3. Тепломассообменная колонна 33
2.2.4. Колонный аппарат 35
2.2.5. Массообменный аппарат 37
2.2.6. Горизонтальный массообменный аппарат 39
2.2.7. Массообменный аппарат для взаимодействия газа и жидкости 41
2.2.8. Колонный массообменный аппарат 43
2.2.9. Горизонтальный абсорбер 44
2.2.10. Колонный аппарат для процессов массообмена между газом и жидкостью 47

Раздел 3. **Технологии и оборудование, использующиеся при регенерации абсорбента в процессах абсорбционной осушки и очистки газа** 50

3.1. Технологии 50
3.1.1. Способ регенерации абсорбента 50
3.1.2. Способ глубокой регенерации поглотителя влаги – гликоля 51
3.1.3. Способ регенерации жидкого поглотителя жидкости 52

3.2. Оборудование 55
3.2.1. Регенератор абсорбента 55
3.2.2. Регенератор абсорбента 57
3.2.3. Испаритель жидкости 60

3.2.4. Теплообменник-испаритель 62
3.2.5. Горизонтальный испаритель 64

Раздел 4. **Технологии, применяемые при адсорбционной осушке природного газа** 67

4.1. Способ адсорбционной осушки газа 67

4.2. Способ массообмена 69

Раздел 5. **Технологии и оборудование, применяемые в процессах низкотемпературной сепарации природного газа** 74

5.1. Технологии 74
5.1.1. Способ подготовки природного газа к транспорту с использованием ингибитора гидратообразования 74
5.1.2. Способ подготовки природного газа к транспорту 77
5.1.3. Способ подготовки природного газа к транспорту 79
5.1.4. Способ подготовки природного газа к транспорту 81
5.1.5. Способ сепарации газожидкостной смеси 82

5.2. Сепарационное оборудование 84
5.2.1. Устройство для отделения газа от жидкости 84
5.2.2. Устройство для разделения газожидкостных смесей 85
5.2.3. Трехфазный сепаратор 87
5.2.4. Газожидкостный сепаратор 90
5.2.5. Устройство для очистки газа от капельной жидкости 91
5.2.6. Аппарат для очистки и осушки природного газа 93
5.2.7. Горизонтальный аппарат для обработки газа 95
5.2.8. Устройство для очистки газа 97

Раздел 6. **Разделители** 100

6.1. Устройство для разделения несмешивающихся жидкостей 100

6.2. Трехфазный разделитель 102

6.3. Аппарат для разделения смесей 104

6.4. Устройство для разделения трехфазной смеси 106

6.5. Фазный разделитель 108

6.6. Аппарат для разделения и дегазации жидкости 110

6.7. Устройство для разделения смесей с различной плотностью 112

6.8. Устройство для разделения жидкостных смесей 114

6.9. Трехфазный разделитель 116

6.10. Аппарат для разделения жидкости 118

6.11. Устройство для разделения трехфазной смеси 120

6.12. Отстойник 122

6.13. Разделитель несмешивающихся жидкостей 124

6.14. Отстойник 127

6.15. Разделитель жидкостей 129

Раздел 7. **Технологии и оборудование, использующиеся в процессах получения холода** 132

7.1.1. Способ нагнетания жидкости пульсационным аппаратом и пульсационный аппарат для его осуществления 132
7.1.2. Способ охлаждения газа и пульсационный аппарат для его осуществления 137

7.1.3. Способ охлаждения газа и пульсационный аппарат для его осуществления 140
7.1.4. Способ охлаждения газа 143
7.1.5. Способ получения холода в биагентной эжекторной установке . 145
7.1.6. Способ получения холода в холодильной установке 148

Раздел 8. **Технологии и оборудование, использующиеся в процессах разделения многокомпонентных смесей путем ректификации** 152

8.1. Технологии 152
8.1.1. Способ разделения многокомпонентных смесей 152
8.1.2. Способ разделения углеводородной смеси 155
8.1.3. Способ разделения углеводородных смесей 157
8.1.4. Способ разделения многокомпонентных смесей путем ректификации 160
8.1.5. Способ разделения многокомпонентных смесей 163
8.1.6. Способ разделения сжатых газовых смесей 164
8.1.7. Способ разделения многокомпонентной жидкой смеси 167
8.1.8. Способ ректификации жидкости 170

8.2. Оборудование, использующееся в процессах разделения многокомпонентных смесей путем ректификации 175
8.2.1. Аппарат для контакта жидкости с газом 175
8.2.2. Аппарат для контакта жидкости с газом 177
8.2.3. Способ разделения многокомпонентных смесей и колонный аппарат для его осуществления 179
8.2.4. Тепломассообменный аппарат 182
8.2.5. Тепломассообменный аппарат 184
8.2.6. Ректификационная колонна для перегонки многокомпонентных смесей 189
8.2.7. Устройство для разделения углеводородных смесей 192

Раздел 9. **Внутренние устройства, используемые в оборудовании процессов очистки, осушки природных газов, НТС, регенерации абсорбентов, ректификации** 195

9.1. Внутренние устройства тарельчатого типа 195
9.1.1. Тепломассообменная тарелка 195
9.1.2. Тарелка для тепломассообменных аппаратов 197
9.1.3. Тарелка для тепломассообменных аппаратов 200
9.1.4. Двухслойная тарелка для тепломассообменных процессов 202
9.1.5. Тарелка для тепломассообменных аппаратов 205
9.1.6. Клапанная тарелка 206
9.1.7. Контактный элемент 209
9.1.8. Тепломассообменная тарелка 211
9.1.9. Контактное устройство для тепломассообменных аппаратов 213
9.1.10. Способ массообмена пара (газа) на трубчатых тарелках с двумя зонами контакта 216
9.1.11. Многопоточная контактная тарелка 218
9.1.12. Полуглухая тарелка 221
9.1.13. Контактные и сепарационные прямоточно-центробежные элементы 223
Контактное устройство для тепломассообменных аппаратов 223
Массообменная тарелка 225
Контактное устройство 227
Массообменная тарелка 230
Массообменная тарелка 232
Контактно-сепарационная тарелка 234
Способ контакта газа и жидкости и устройство для его осуществления 237
Контактно-сепарационная тарелка 239
Способ контакта газа и жидкости 241

Способ сепарации жидкости от газа и устройство для его осуществления ... 244
Тарелка для контакта газа (пара) с жидкостью ... 246
Прямоточно-центробежный элемент ... 248
Завихритель ... 251
Устройство для контакта жидкости и газа ... 253

9.2. Внутренние устройства насадочного типа ... 256
9.2.1. Беспровальная тарелка из просечно-сжатого листа ... 256
9.2.2. Насадка для тепломассообменных аппаратов ... 259
9.2.3. Насадка для массообменных аппаратов ... 261
9.2.4. Регулярная насадка для тепломассообменных аппаратов ... 263
9.2.5. Контактно-сепарационное устройство ... 265
9.2.6. Объемная насадка ... 268
9.2.7. Способ изготовления контактно-сепарационной насадки ... 270
9.2.8. Способ изготовления пакета сетчатой насадки ... 271
9.2.9. Сепарационное устройство ... 273
9.2.10. Коалесцирующий патрон ... 275
9.2.11. Сепарационное устройство для отделения жидкости от газа ... 277

9.3. Узлы ввода в аппарат газа, жидкости и газожидкостной смеси, распределительные устройства ... 280
9.3.1. Тарелка для распределения жидкости в тепломассообменных аппаратах ... 280
9.3.2. Газораспределительное устройство ... 284
9.3.3. Узел ввода жидкости или газожидкостной смеси в аппарат ... 286
9.3.4. Переливное устройство ... 288

Раздел 10. **Струйные установки, связанные с добычей и переработкой нефти и газа** ... 291

10.1. Способ сжатия газа ... 291

10.2. Способ сжатия газа ... 292

10.3. Способ сжатия газа ... 295

10.4. Способ создания вакуума ... 296

10.5. Струйная установка ... 297

Раздел 11. **Технология переработки природного газа** ... 301

11.1. Способ получения углеродного материала ... 301

Раздел 12. **Технология очистки почвы от нефтепродуктов** ... 304

12.1. Способ очистки почвы от углеводородов ... 304

Раздел 13. **Фильтрация** ... 309

13.1. Фильтр для очистки воздуха ... 309

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

Что определяет прогресс науки и техники в современном мире – фундаментальные или прикладные исследования, теоретические или экспериментальные разработки, тщательное и скрупулезное совершенствование существующих процессов и действующего оборудования или интуитивные прозрения в области принципиально новых решений? Традиционный ответ будет, очевидно, связан с максимальной перспективностью фундаментальных исследований ии принципиально новых технологических и конструктивных решений, открывающих дорогу в эру высоких технологий.

Однако правильнее было бы сказать, что наиболее важными являются комплексные исследования и разработки, связанные не только с фундаментальными исследованиями и разработками принципиально новых технологий и нового оборудования, но и с совершенствованием существующих процессов и действующего оборудования. Вот такой пример прекрасного сочетания новых и принципиально новых решений мы видим в настоящей работе, посвященной совершенствованию технологии и оборудования установок подготовки, переработки и утилизации углеводородных газов, конденсата и нефтепродуктов.

Авторы настоящей монографии выступают здесь не только как опытные и высококвалифицированные специалисты, как творцы новой техники и технологии в области подготовки и переработки углеводородных газов, конденсатов и нефтепродуктов, но и как организаторы одной из ведущих отраслей газовой промышленности, поскольку практически все приведенные здесь новые технологии и новое оборудование прошли все стадии их разработки и внедрения от опытно-промышленных исследований и про-

мышленных испытаний до широкого внедрения в отечественную практику газовой промышленности.

Таким образом, в представленных материалах отражен фактически уникальный отечественный опыт разработки новых технологий и нового оборудования в области подготовки и переработки природных газов и газового конденсата, проводившейся коллективом сотрудников ЦКБН под идейным и научным руководством авторов данной работы.

Обращает на себя внимание не только оригинальность новых решений, их новизна, а во многих случаях и принципиальная новизна, но и охват практически всех аспектов промысловой газовой технологии, включающей типовые процессы, такие, например, как технология и оборудование подготовки сероводородсодержащих газов, осушки природных газов, процессов разделения природных газов, разделения многокомпонентных жидких смесей углеводородов, получения холода, использования струйных аппаратов для сжатия газа и создания вакуума и многого другого.

Настоящая книга – это не только итог многолетней работы ЦКБН – ведущей организации России в области технологии и оборудования газовой промышленности. В ней обобщен богатейший опыт совершенствования действующих и разработки новых технологий и оборудования, который может быть успешно использован работниками не только газовой, но и смежных с ней отраслей промышленности – в нефтепереработке, в химической промышленности, а также в целом ряде отраслей промышленности, где используются процессы и оборудование для разделения многокомпонентных газовых и жидких смесей, для создания холода и понижения давления.

Доктор технических наук, профессор
И.А. Александров

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем справочнике изложены материалы по совершенствованию технологий и оборудования установок подготовки, переработки, утилизации углеводородных газов, конденсата и нефтепродуктов, позволяющие проанализировать направления совершенствования отечественных разработок в газовой и нефтяной промышленности.

Технологии и оборудование, используемые при добыче и промысловой обработке газа, конденсата и нефти, как правило, материалоэнергоемкие. Поэтому рассмотренные технологические процессы в основном связаны с совершенствованием технологического оборудования в части повышения эффективности аппаратов и направлены на снижение капитальных и энергетических затрат, удельной металлоемкости установок подготовки и переработки углеводородных газов и конденсата, в том числе созданием блочно-комплексных многофункциональных высокоэффективных агрегатов.

В данном справочнике представлены практически все технологические процессы и оборудование промысловой обработки газа:

технологии и оборудование подготовки сероводородсодержащих газов;

технологии и оборудование, применяемые в процессах абсорбционной и адсорбционной осушки природного газа;

технологии и оборудование, применяемые в процессах низкотемпературной сепарации природного газа;

технологии и оборудование в процессах разделения несмешивающихся жидкостей, регенерации абсорбента, разделения многокомпонентных смесей путем ректификации, в процессах получения холода;

струйные установки, связанные с добычей и переработкой нефти и газа.

Кроме того, помимо основных технологических процессов и оборудования установок подготовки и переработки газа и конденсата в книге широко представлены различные конструкции внутренних устройств аппаратов, такие как:

внутренние устройства тарельчатого типа – это массообменные тарелки, контактно-сепарационные с прямоточно-центробежными элементами, полуглухие тарелки;

внутренние устройства насадочного типа для массообмена и сепарации;

узлы ввода в аппарат газа, жидкости и газожидкостной смеси.

Представленные материалы в большинстве случаях использованы в разработках Центрального конструкторского бюро нефтеаппаратуры (ЦКБН) г. Подольска Московской области, а также в разработках других институтов и внедрены на объектах ОАО "Газпром" и нефтяной промышленности.

Для удобства чтения и анализа представленный материал изложен в следующей последовательности:

1) технологические процессы;

2) технологическое оборудование.

Из-за значительного количества технических предложений по совершенствованию внутренних устройств технологического оборудования они выделены в отдельный раздел.

Рассмотренные в настоящем справочнике научно-технические решения выполнены на мировом уровне и защищены патентами. Они способствуют развитию газовой промышленности в направлении снижения материалоэнергозатрат и в совокупности обеспечивают высокий научно-технический уровень отечественной техники и технологии добычи и промысловой обработки газа, конденсата и нефти.

Материалы альбома перепечатке и размножению без согласия ЦКБН и авторов не подлежат.

Авторы выражают благодарность Т.М. Феоктистовой, В.В. Клюйко, Е.П. Запорожцу за участие в работе над книгой, оформление и содействие в подготовке рукописи к изданию.

ê‡Á‰ÂÎ 1

1. ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ СЕРОВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ

1.1. ТЕХНОЛОГИИ

1.1.1. СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОТОКОВ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ РАЗЛИЧНОГО ДАВЛЕНИЯ ОТ КИСЛЫХ КОМПОНЕНТОВ

Краткое описание

В основе данной технологии лежит способ подготовки сероводородсодержащих газов, включающий очистку газа от кислых компонентов абсорбцией водными растворами аминов в абсорбере высокого давления, а затем в абсорбере низкого давления и последующую регенерацию поглотителя.

На рис. 1.1 показана принципиальная технологическая схема установки.

Исходный газ низкого давления 2,5 МПа с температурой 46 °С подается по линии *10* в нижнюю часть абсорбера *2* низкого давления на контактирование с водным раствором диэтаноламина (ДЭА). Насыщенный кислыми компонентами абсорбент из абсорбера *1* высокого давления подается по линии *9* в абсорбер *2* низкого давления на выветривание из него углеводородных газов и затем на контактирование с исходным газом низкого давления и с насыщенным абсорбентом низкого давления.

Удаление кислых компонентов из газа выветривания осуществляется в абсорбере *2* абсорбцией с регенерированным абсорбентом низкого давления с концентрацией 33 % (по массе), который подается в абсорбер *2* по линиям *11* и *12*.

Частично очищенный от кислых компонентов газ отводится из абсорбера *2* по линии *13* в компрессор *3*, в котором его компремируют до давления 6,5 МПа, а далее по линии *14* по-

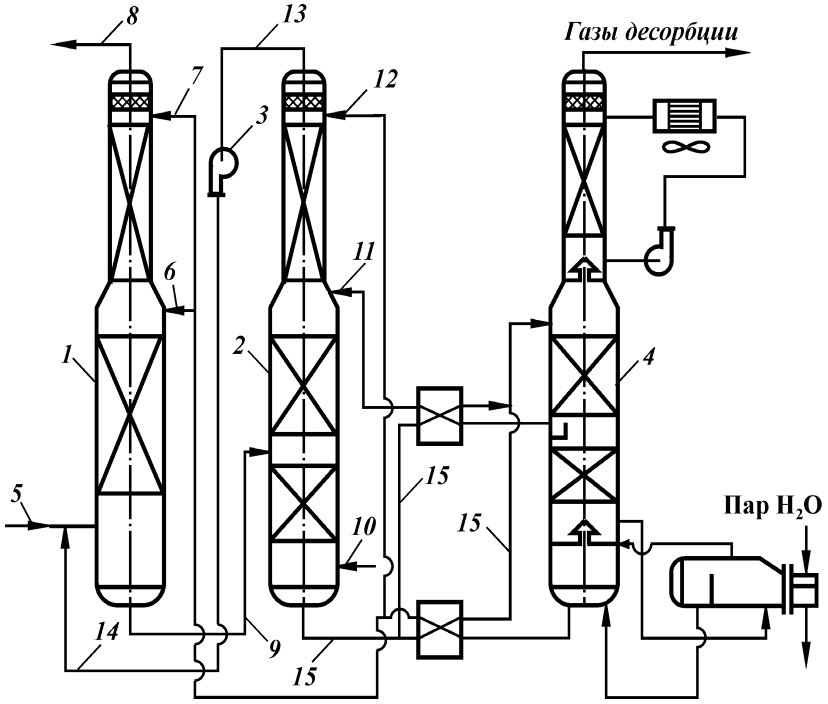


Рис. 1.1. Технологическая схема установки очистки природного газа от кислых компонентов:
1, 2 – абсорберы высокого и низкого давления; *3* – компрессор; *4* – десорбер; *5–15* – линии технологических материальных потоков

дается в линию *5*, где его смешивают с исходным потоком газа высокого давления (6,5 МПа), и направляют в абсорбер *1* высокого давления на промывку регенерированным раствором ДЭА концентрацией 33 %, который подают в абсорбер *1* по линиям *6* и *7*. Очищенный газ отводится из абсорбера *1* по линии *8* в магистральный трубопровод.

Регенерация насыщенного кислыми компонентами амина проводится в десорбере *4* при давлении 2,5 МПа, которое обеспечивает допустимое содержание углеводородных компонентов в смеси кислых газов после десорбции, равное 2–5 %.

Эффективность

Предложенная технология позволяет достичь значительного экономического эффекта за счет уменьшения количества цир-

кулирующего в системе абсорбента на одну технологическую линию и пара на регенерацию абсорбента, дает возможность значительно снизить металлоемкость десорбера, абсорбера низкого давления и абсорбера высокого давления за счет уменьшения их диаметра, позволяет осуществить обработку газа без абсорбера очистки экспанзерных газов и исключить другое вспомогательное оборудование для утилизации этих газов, а также уменьшить энергозатраты на перекачку абсорбента в системе. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1736579, БИ № 20, 1992 (Авторы: Г.К. Зиберт, Р.Л. Шкляр, Г.С. Широков, Е.Н. Туревский, Д.Ц. Бахшиян, А.Ю. Аджиев и С.И. Кузьмин).

1.1.2. СПОСОБ ОЧИСТКИ ГАЗА ОТ КИСЛЫХ КОМПОНЕНТОВ И АБСОРБЕР ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Краткое описание

Способ предназначен для очистки газа от кислых компонентов в абсорбере. Принципиальная схема очистки газа предлагаемым способом приведена на рис. 1.2, *а*; на рис. 1.2, *б*, *в* показан абсорбер для осуществления способа очистки газа от кислых компонентов.

Кислый газ по линии *1* подают на предварительное противоточное контактирование с частично насыщенным тонкорегенерированным абсорбентом (в первую зону контакта), подводимым к этой зоне по линии *2*. Насыщенный тонкорегенерированный абсорбент отводится по линии *3*, а значительно очищенный от кислых примесей газ направляют во вторую зону на контакт с груборегенерированным абсорбентом, подаваемым по линии *4*, где осуществляют его дальнейшую очистку. Насыщенный груборегенерированный абсорбент отводят по линии *5* на смешение с насыщенным тонкорегенерированным абсорбентом, отводимым из первой зоны контакта по линии *3*, а газ

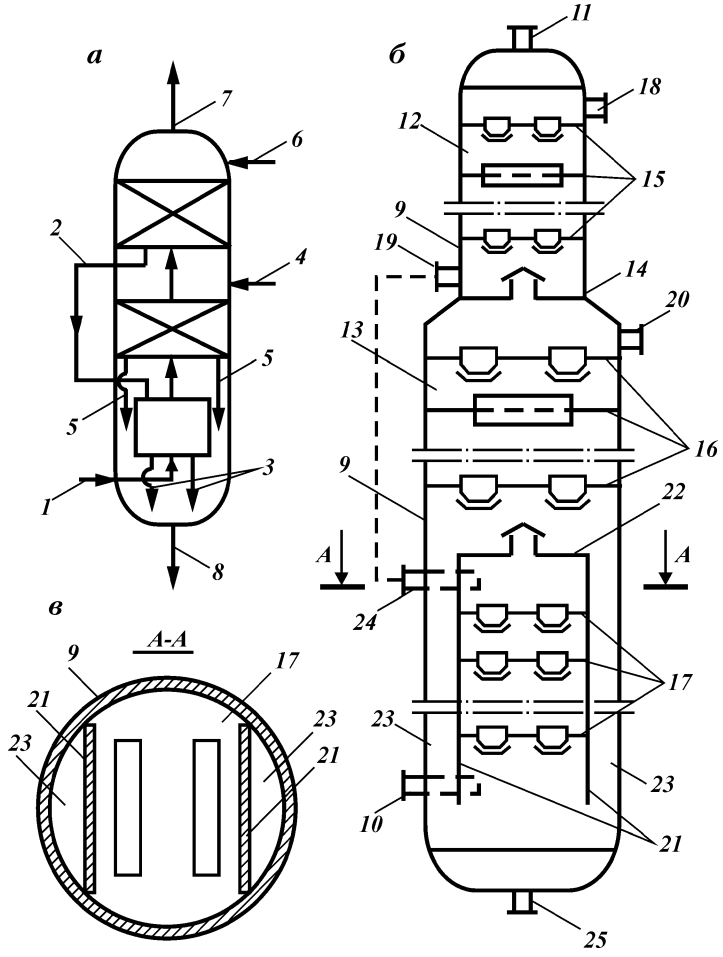


Рис. 1.2. Очистка газа от кислых компонентов:

а – принципиальная схема очистки газа от кислых компонентов; *б, в* – абсорбер для очистки газа от кислых примесей.

Линии: *1* – подачи природного газа, *2* – подачи частично насыщенного тонкорегенерированного абсорбента, *3* – отвода насыщенного тонкорегенерированного абсорбента, *4* – подачи груборегенерированного абсорбента, *5* – отвода насыщенного груборегенерированного абсорбента, *6* – подачи тонкорегенерированного абсорбента, *7* – отвода очищенного газа, *8* – отвода смешанного насыщенного абсорбента; *9* – корпус абсорбера; *10, 11* – штуцера входа и выхода газа; *12, 13* – массообменные секции; *14* – глухая тарелка; *15, 16, 17* – массообменные тарелки разного диаметра; штуцера: *18* – подвода тонкорегенерированного абсорбента, *19* – отвода частично насыщенного тонкорегенерированного абсорбента, *20* – подвода груборегенерированного абсорбента, *24* – с отводом частично насыщенного тонкорегенерированного абсорбента, *25* – для отвода насыщенного абсорбента; *21* – перегородки; *22* – разделительная тарелка; *23* – байпасирующие сегментные каналы

подают в третью зону на контакт с тонкорегенерированным абсорбентом, отводимым из первой зоны контакта по линии *3*, и на контакт с тонкорегенерированным абсорбентом, подаваемым по линии *6*, где его очищают до предельно допустимой концентрации и отводят по линии *7*. Частично насыщенный тонкорегенерированный абсорбент по линии *2* подают в первую зону контакта. Смешанный насыщенный абсорбент по линии *8* отводят на регенерацию.

Эффективность

Предлагаемый способ очистки газа от кислых компонентов позволяет улучшить степень очистки, уменьшить нагрузки на массообменные тарелки, уменьшить металлоемкость оборудования за счет уменьшения диаметра корпуса абсорбера. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1353484, БИ № 43, 1987 (Авторы: Н.Г. Гусейнов, Г.К. Зиберт, В.А. Окороков).

1.2. ОБОРУДОВАНИЕ

1.2.1. ТЕПЛОМАССООБМЕННЫЙ АППАРАТ

Краткое описание

Предлагаемый аппарат относится к аппаратурному оформлению процессов тепломассообмена, таких как абсорбция, ректификация. Целесообразно использование данного аппарата при высоких нагрузках по жидкости для очистки природного газа от кислых примесей водными растворами аминов.

Аппарат (рис. 1.3) состоит из корпуса со штуцерами входа и выхода газа и жидкости, по высоте которого установлены решетки с контактными элементами для нисходящего прямоточного взаимодействия фаз, над каждой из которых размещена горизонтальная перегородка, прикрепленная одним концом

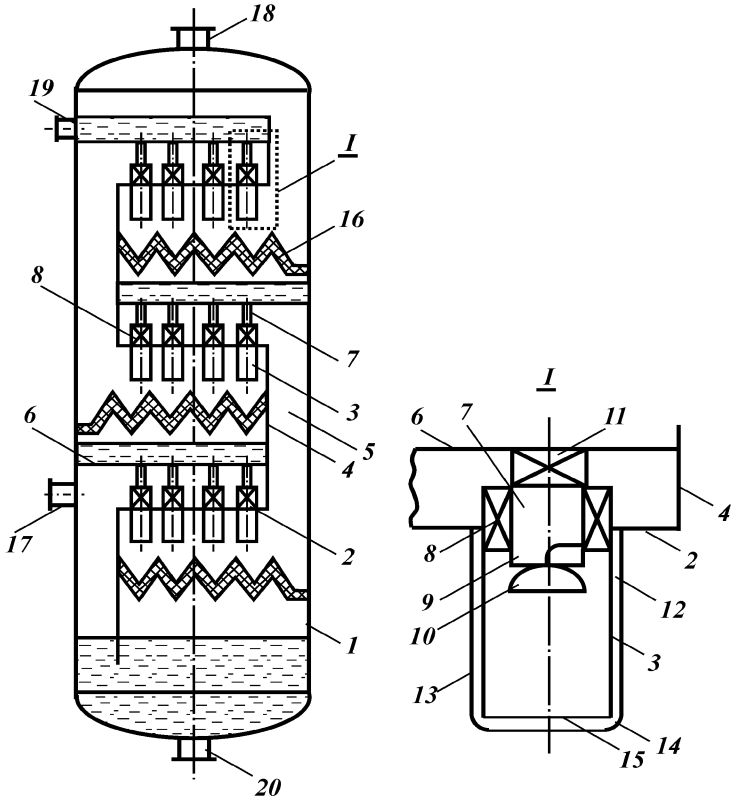


Рис. 1.3. Тепломассообменный аппарат:
1 – корпус; *2* – решетки; *3* – контактные элементы; *4* – вертикальная перегородка; *5* – канал для прохода газа; *6* – горизонтальная перегородка; *7* – жидкостный патрубок; *8* – завихритель газового потока; *9* – выходные концы жидкостных патрубков; *10* – обтекатель; *11* – завихритель жидкости; *12* – зазор; *13* – патрубок; *14* – нижняя кромка; *15* – выходные концы контактных элементов; *16* – пакеты насадки; *17, 18* – штуцера входа и выхода газа; *19, 20* – штуцера входа и выхода жидкости

к корпусу, вертикальные перегородки, соединяющие две соседние решетки и образующие с корпусом каналы для прохода газа. Горизонтальные перегородки соединены другим концом с вертикальными перегородками, нижняя часть которых установлена внутри контактных элементов соосно им, при этом контактные элементы выполнены с завихрителями газового потока, расположенными выше выходных концов жидкостных патрубков. Аппарат снабжен пакетами насадки, установленными под решетками с контактными элементами.

Применение прямоточно-центробежных элементов с нисходящим движением фаз обусловлено тем, что:

1) процесс очистки газа от кислых примесей характеризуется высокими нагрузками по жидкой фазе;

2) центробежные элементы обладают обычно повышенным гидравлическим сопротивлением и их наиболее целесообразно использовать при высоких давлениях (свыше 1,0 МПа).

Аппарат работает следующим образом.

Газ, поступающий в пространство между нижними решеткой *2* и перегородкой *6*, делится на два потока: основной и байпасирующий. После чего основной поток газа поступает в контактные элементы *3*. Пройдя центробежные завихрители *8*, поток газа приобретает вращательное движение, при этом у оси контактных элементов образуется зона разрежения (вихревой эффект), в которую с горизонтальной перегородки *6* по жидкостным патрубкам *7* через зазор, образующийся между выходными концами *9* жидкостных патрубков *7* и установленными под ними обтекателями *10*, поступает жидкость. При необходимости регулирования расхода жидкости через контактные элементы *3* величину этого зазора можно изменять, перемещая обтекатели *10* по оси контактных элементов *3*. Проходящая через жидкостные патрубки *7* жидкость закручивается установленными в них завихрителями *11*, что способствует ее дегазации. После выхода из жидкостных патрубков *7* закрученный поток жидкости отклоняется от оси к стенкам контактных элементов *3*, дополнительно закручивается потоком газа и отбрасывается к стенкам контактных элементов *3*. При этом в контактных элементах *3* газ контактирует с жидкостью как в пленочном, так и в барботажном или распыливающем режиме контакта.

Барботажный режим контакта возникает при больших расходах жидкости, когда образуется слой жидкости при переходе ее от обтекателей *10* к стенкам контактных элементов *3*. Распыливающий режим контакта образуется аналогично, но при малых расходах по жидкости, тогда жидкость срывается с краев обтекателей *10* в виде капель. Пленочный режим контакта наблюдается при дальнейшем движении жидкости по внутренним стенкам контактных элементов *3* в виде пленки. На выходе из контактных элементов *3* жидкость, стекающая пленкой по их стенкам, дробится на капли байпасирующим потоком газа, поступающим поперек или навстречу пленке жидкости к выходным концам *15* контактных элементов *3* по зазорам *12* между контактными элементами *3* и патрубками *13*, нижние кромки *14* которых расположены ниже выходных концов *15*

контактных элементов *3* и отбортованы к ним. При этом образуется хорошо диспергированный в газе "факел" жидкости, что увеличивает поверхность контакта фаз.

Сочетание режимов контакта фаз позволяет высокоэффективно проводить в аппарате процесс тепломассообмена между газом и жидкостью. Образующийся после диспергирования жидкости в газе газожидкостный поток поступает на пакеты насадки *16*, имеющей большую свободную поверхность, где происходят дополнительный контакт газа с жидкостью и их сепарация, что также способствует интенсификации работы аппарата. При этом для улучшения сепарации газа от жидкости пакеты насадки *16* могут быть собраны из блоков в виде уголков.

Отделенная от газа жидкость поступает в кубовую часть аппарата и через штуцер *20* отводится из него, а газ поступает в канал *5*, выполненный между вертикальной перегородкой *4* и корпусом *1* аппарата, и направляется в пространство между лежащими выше горизонтальной перегородкой *6* и решеткой *2*. Далее все повторяется с той лишь разницей, что жидкость с вышележащей ступени контакта поступает на нижележащую горизонтальную перегородку *6*, а газ после контактирования с жидкостью на верхней ступени контакта отводится из аппарата через штуцер *18*.

Эффективность

Использование предлагаемого абсорбера позволяет в 1,5–2 раза повысить производительность аппарата при сохранении его габаритов и эффективности очистки газа от кислых компонентов. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1480193, БИ № 2, 1994 (Авторы: Г.К. Зиберт, С.И. Кузьмин, В.И. Гибкин).

Холпанов Л.П., Запорожец Е.П., Зиберт Г.К., Кащицкий Ю.А. Математическое моделирование нелинейных термогидрогазодинамических процессов. – М.: Наука, 1998, 320 с.

ê‡Á‰ÂÎ 2

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕСЯ ПРИ АБСОРБЦИОННОЙ ОСУШКЕ ГАЗА

2.1. ТЕХНОЛОГИИ

2.1.1. СПОСОБ ОСУШКИ ГАЗА

Краткое описание

На рис. 2.1 представлена технологическая схема осушки природного газа, в которой после первичной сепарации осуществляется контакт газа с влагой, отпаренной и сконденсированной из насыщенного абсорбента, с последующей вторичной сепарацией газа от капельной влаги.

Сырой газ из скважины подают на первичную сепарацию в сепаратор *1*, где от газа отделяется капельная влага, после чего газ с унесенной со стадии первичной сепарации капельной влагой, содержащей растворенные в ней соли, подают в контактор *2*, где осуществляется его контактирование с отпаренной и сконденсированной на стадии регенерации водой, не содержащей солей, в результате которого газ с капельной влагой со сниженной концентрацией солей после сепарации в сепараторе *3* поступает на осушку в абсорбер *4*. Насыщенный влагой абсорбент из абсорбера *4* подают на регенерацию в регенератор *5*. Выделенные из абсорбента пары влаги конденсируются в холодильнике *6* и попадают в контактор *2*, а регенерированный абсорбент подают на осушку газа в абсорбер *4*.

Эффективность

Использование предлагаемого способа позволяет уменьшить эксплуатационные затраты, связанные с попаданием солей в абсорбент и последующим отложением их в технологическом оборудовании.

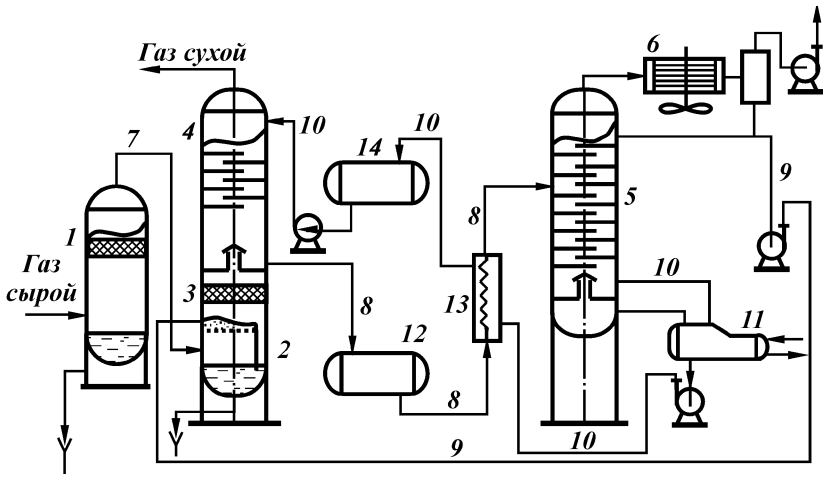


Рис. 2.1. Технологическая схема осушки природного газа:
1 – первичный сепаратор; *2* – контактор; *3* – сепаратор; *4* – абсорбер; *5* – регенератор; *6* – холодильник; *7–10* – линии подачи; *11* – испаритель; *12* – выветриватель; *13* – теплообменник; *14* – емкость

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 965486, БИ № 38, 1982 (Авторы: Г.К. Зиберт, С.И. Кузьмин, А.М. Сиротин, А.М. Сун).

Холпанов Л.П., Запорожец Е.П., Зиберт Г.К., Кащицкий Ю.А. Математическое моделирование нелинейных термогидрогазодинамических процессов. – М.: Наука, 1998, 320 с.

2.1.2. СПОСОБ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Краткое описание

Предложенный способ применяют в промысловой обработке, главным образом, при осушке природного газа. При использовании данного способа осушки природного газа в абсорбер перед подачей водного раствора метанола в скважины осуществляют его контакт с газом, прошедшим первичную сепарацию, с последующей вторичной сепарацией газа от капельной жидкости.

Сырой газ из скважины по шлейфам подают на первичную сепарацию в сепаратор для отделения от капельной жидкости. После этого газ с унесенной со стадии первичной сепарации капельной жидкостью, содержащей растворенные в ней соли, направляют в контактную секцию многофункционального аппарата, где осуществляют его контакт с концентрированным раствором метанола, не содержащим солей, для снижения концентрации солей в капельной жидкости, содержащейся в газе. Затем проводят предварительную осушку газа. Предварительно осушенный газ подают на вторичную сепарацию в сепаратор, а после этого на окончательную осушку абсорбентом (гликолем) в контактную секцию многофункционального аппарата.

Насыщенный влагой абсорбент из многофункционального аппарата подают на регенерацию в регенератор, из которого регенерированный абсорбент направляют на осушку газа в контактную секцию аппарата.

Концентрированный водный раствор метанола направляют из емкости на предварительную осушку газа и снижение концентрации солей в капельной жидкости, содержащейся в газе, в контактную секцию. Затем водный раствор метанола вместе с извлеченными из капельной жидкости солями подают в скважину и/или шлейф для предупреждения в них гидратообразования.

Эффективность

Использование предложенного способа осушки газа позволяет уменьшить эксплуатационные затраты при промысловой подготовке (осушке) газа, связанные с попаданием солей в абсорбент и последующим их отложением в технологическом оборудовании, и повысить эффективность регенерации.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 1581977, БИ № 28, 1990 (Авторы: Г.К. Зиберт, С.И. Кузьмин, Е.Н. Туревский, Е.И. Черников).

2.1.3. СПОСОБ МАССООБМЕНА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Краткое описание

Предлагаемое устройство для осуществления массообмена может быть использовано для проведения процессов абсорбции и ректификации.

Устройство содержит последовательно соединенные контактные ступени, каждая из которых включает эжектор, выход которого подключен к сепарирующему устройству, разделяющему газожидкостную смесь на газ и жидкость. Газ из сепарирующего устройства подается в активное сопло эжектора следующей контактной ступени, а жидкость – к пассивному соплу эжектора предыдущей контактной ступени. Способ массообмена между газом и жидкостью заключается в том, что жидкость перед подачей ее в эжектор данной ступени предварительно эжектируется в дополнительном эжекторе частью газа, отводимого из сепарирующего устройства данной контактной ступени, и в пассивное сопло эжектора поступает газожидкостная смесь с уменьшенной плотностью и с повышенным давлением (рис. 2.2).

В зависимости от назначения проводимого процесса массообмена по предлагаемому способу величина части газа, которым производят эжектирование жидкости, отводимой с последую-

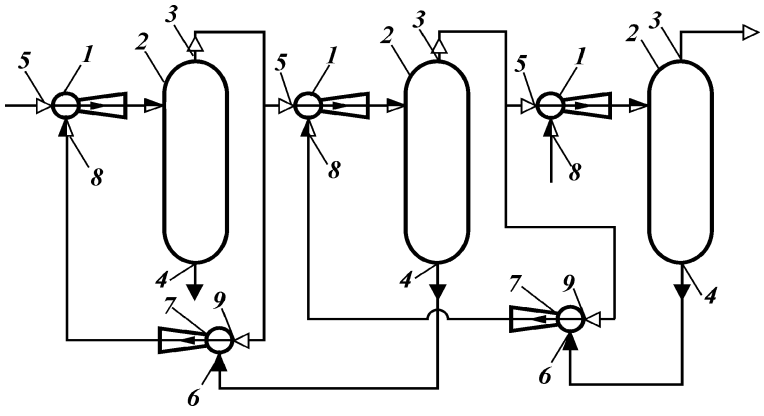


Рис. 2.2. Способ и устройство для массообмена:
1 – эжектор; *2* – сепарирующее устройство; *3, 4* – патрубки вывода газа и жидкости; *5, 9* – активные сопла эжектора; *6, 8* – пассивные сопла эжектора; *7* – дополнительный эжектор

щей контактной ступени, имеет различные значения и зависит от количества и плотности жидкости. Например, при осушке нефтяного газа эта часть составляет 3 % от общего потока газа, а при получении пропана из нефтяного газа эта часть равна 30 % от общего потока газа. Большое расхождение величин этой части газа объясняется тем, что при осушке нефтяного газа требуется жидкого абсорбента в 10 раз меньше, чем при получении из нефтяного газа пропана.

Эффективность

Предлагаемый способ массообмена и устройство для его осуществления позволяют обеспечить проведение массообмена при значительном снижении потерь давления газа на каждой конкретной ступени.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 1674931, БИ № 33, 1991 (Авторы: Е.П. Запорожец, С.И. Бойко, Л.М. Мильштейн, Г.К. Зиберт).

2.1.4. НАСОСНО-ЭЖЕКТОРНАЯ УСТАНОВКА

Краткое описание

На рис. 2.3 представлена схема предлагаемой установки, которая работает следующим образом.

Влажный газ из источника *5* засасывается вакуумным эжектором *3*, где смешивается с рабочей абсорбирующей жидкостью. Затем образовавшаяся смесь поступает в трехкомпонентный сепаратор *6*. Из сепаратора *6* частично осушенный газ нагнетательным эжектором *11* подается во второй сепаратор *10*, откуда сжатый и осушенный газ поступает к потребителю. При двухстадийном сжатии газа в эжекторах *3* и *11* выпадает конденсат, который из сепараторов *10* и *6* подается в сепаратор *2* разгазирования, откуда отсепарированный газ вновь поступает к пассивному соплу эжектора *3*. Рабочая абсорбирующая жидкость циркулирует в установке по контуру, образованному нагнетательным эжектором *11*, вторым сепаратором *10*,

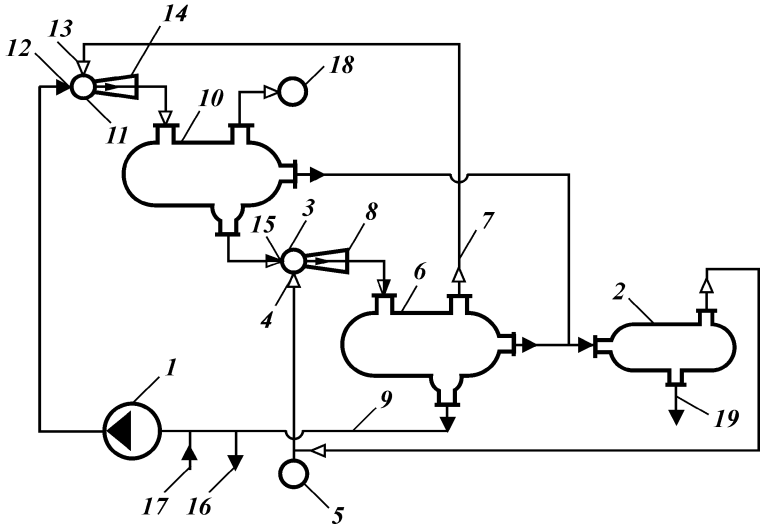


Рис. 2.3. Насосно-эжекторная установка:
1 – насос; *2* – сепаратор разгазирования; *3* – жидкостно-газовый вакуумный эжектор; *4, 13* – пассивное сопло; *5* – источник газа низкого давления; *6, 10* – трехкомпонентный сепаратор; *7* – выходной трубопровод; *8* – выход эжектора; *9* – магистраль; *11* – нагнетательный эжектор; *12, 15* – активное сопло; *14* – диффузор; *16, 17* – линии подвода и отвода адсорбирующей жидкости; *18* – отбор сухого газа; *19* – выход конденсата

вакуумным эжектором *3* и сепаратором *6*. Циркуляция жидкости обеспечивается насосом *1*. Линии отвода воды *16* и подвода *17* абсорбирующей жидкости используются для замены или подпитки.

Эффективность

Насосно-эжекторная установка позволяет осуществить как сжатие газа, так и его многоступенчатую осушку, что расширяет ее функциональные возможности. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 1475276 (Авторы: Е.П. Запорожец, Л.М. Мильштейн, Г.К. Зиберт).

2.1.5. СПОСОБ ПРОВЕДЕНИЯ АБСОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Краткое описание

Предложенный способ применим для глубокой осушки природного газа.

На рис. 2.4 представлена технологическая схема абсорбционной установки.

Установка состоит из абсорбера *1* с размещенной в нем сорбционной секцией *2*, снабженного штуцерами подачи сырого газа *3*, выхода осушенного газа *4*, подачи регенерированного сорбента (или регенерированной фазы) *5*, выхода насыщенно-

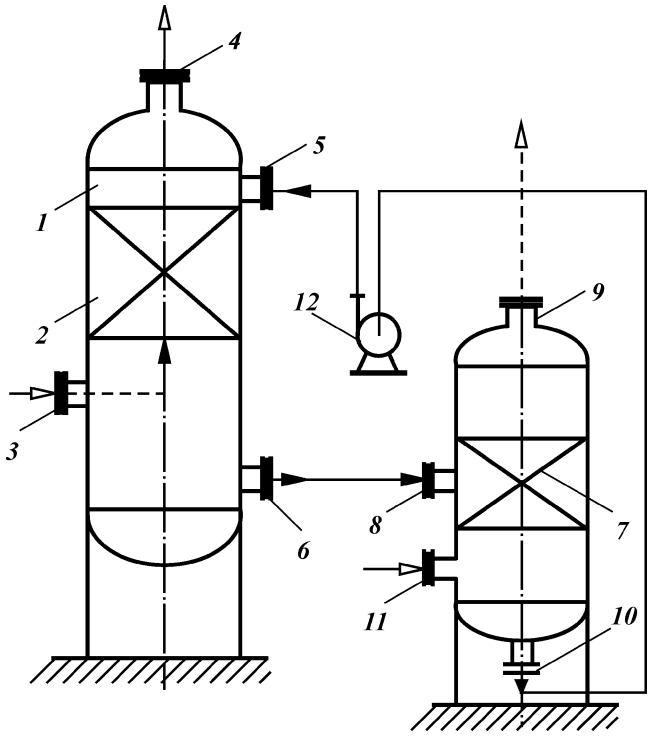


Рис. 2.4. Технологическая схема абсорбционной установки:
1 – абсорбер; *2* – сорбционная секция; штуцера: *3* – подачи сырого газа, *4* – выхода осушенного газа, *5* – подачи регенерированного сорбента, *6* – выхода насыщенного сорбента, *8* – подачи насыщенного сорбента, *9* – выхода паров воды, *10* – выхода регенерированного сорбента, *11* – подачи осушенного газа; *7* – регенератор; *12* – насос

го сорбента *8*, выхода паров воды *9*, выхода регенерированного сорбента *10*, подачи осушенного газа (или теплоносителя) *11* и насоса *12*.

Способ проведения абсорбционных процессов реализуется следующим образом.

Сырой газ в количестве 10 млн. $м^3/сут$ при давлении 7,5 МПа и температуре 200 °С с начальным влагосодержанием 0,35 $г/м^3$ подают в абсорбер *1* через штуцер *3* в сорбционную секцию *2* на контакт с двухфазным сорбентом. В сорбционной секции газ осушают путем поглощения влаги сорбентом, состоящим из жидкости-абсорбента и твердой пористой мелкодисперсной фазы, полученной путем предварительного насыщения пор этой фазы жидкостью-абсорбентом. В качестве двухфазного сорбента используют жидкость-абсорбент, например, полиэфир (триэтиленгликоль с концентрацией 99,0 % по массе), и твердую пористую мелкодисперсную фазу в виде гранул диаметром 0,8–2,5 мм, состоящих из твердого пористого носителя, представляющего собой сополимер стирола и дивинилбензола.

Очищенный газ через штуцер *4* удаляется из абсорбера *1*. Газ осушают до температуры точки росы минус 35 °С (остаточного влагосодержания 0,008 $г/м^3$).

Регенерацию двухфазного сорбента осуществляют во время проведения абсорбционного процесса непрерывно или периодически, путем вывода по крайней мере одной фазы из абсорбера *1* через штуцер подачи насыщенного сорбента *8* в регенератор *7*, где и проводят ее регенерацию потоком осушенного газа, подаваемого через штуцер подачи осушенного газа *11*, при температуре 80–120 °С. Сорбент восстанавливают регенерированной фазой, которую подают периодически или постоянно из регенератора *7* с помощью насоса *11* через штуцер *5* на секцию *2* абсорбера *1*.

Регенерацию жидкости-абсорбента проводят при температуре ее кипения и соответствующем этой температуре давлении (для триэтиленгликоля она равна 204 °С при атмосферном давлении).

Для получения более низкой температуры точки росы по влаге через штуцер *5* можно подавать высокорегенерированный абсорбент для регенерации твердой фазы.

Эффективность

Использование в качестве твердой мелкодисперсной фазы сорбента, полученного путем предварительного насыщения пор твердой пористой структуры абсорбентом, позволило интенси-

фицировать процесс абсорбционной осушки и значительно повысить его эффективность путем придания сорбционных свойств твердой мелкодисперсной фазе, а осуществление непрерывной или периодической регенерации по крайней мере одной из фаз сорбента в процессе сорбции позволило сократить энергозатраты.

Разработчик

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

Литература

Заявка на изобретение № 98123658, 1999 (Авторы: Г.К. Зиберт, Е.П. Запорожец, Р.Г. Зиберт).

2.1.6. СПОСОБ ОСУШКИ ГАЗА

Краткое описание

Предложенный способ осушки может быть использован для глубокой осушки природного и нефтяного газа.

На рис. 2.5 представлена технологическая схема осуществления предложенного способа осушки газа.

Сырой газ подают в абсорбер *1* через штуцер подачи сырого газа *6* в сепарационную секцию *2*, в которой отделяют капельную жидкость. Отсепарированный от жидкости газ затем направляют в абсорбционную секцию предварительной осушки газа *3*, на которой осуществляют противоточный контакт с частью регенерированного абсорбента, подаваемого через штуцер *8* и таким образом извлекают основную часть влаги из газа.

Далее газ направляют на ступень окончательной осушки *4*, где происходит противоточный контакт с абсорбентом высокой концентрации, который подают через штуцер *9*. Осушенный газ после фильтрации от абсорбента на ступени *5* выводят в виде готового продукта через штуцер *7*.

Смесь насыщенных абсорбентов выводят из абсорбера *1* через штуцер *10*, после чего ее дросселируют, снижая давление на регулирующем клапане *12*, и подают в выветриватель *13*, газы выветривания отбирают через штуцер *15*, а абсорбент через штуцер выветренного абсорбента *16* направляют на фильтр *17*.

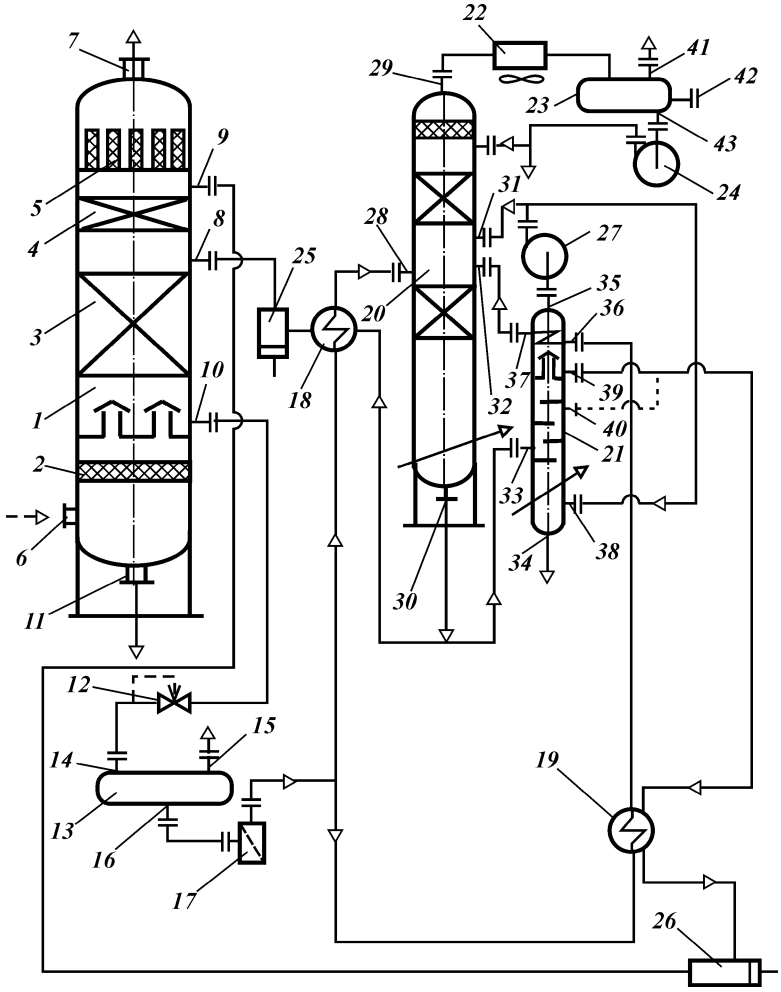


Рис. 2.5. Технологическая схема осушки газа:
1 – абсорбер; *2* – сепарационная секция; *3, 4* – абсорбционная секция предварительной и окончательной осушки газа; *5* – фильтрующая секция; штуцера: *6* – подачи сырого газа, *7* – выхода осушенного газа, *8* – подачи частично регенерированного абсорбента, *9* – подачи абсорбента высокой концентрации, *10* – выхода насыщенного абсорбента, *11* – выхода отсепарированной жидкости, *14* – входа насыщенного абсорбента, *15* – выхода газа выветривания, *16* – выхода выветренного абсорбента, *28* – подачи насыщенного абсорбента, *29* – выхода отпаренной воды, *30* – выхода частично регенерированного абсорбента; *31* – подачи несконденсированных паров, *32* – подачи части насыщенного абсорбента, *33* – подачи сырья с низа колонны, *34* – выхода остатка, *35* – выхода несконденсированных паров, *36* – подачи хладагента, *37* –

Отфильтрованный поток насыщенных абсорбентов делят на две части. Одну часть подают на теплообменник *18*, в котором ее нагревают частично регенерированным гликолем и подают через штуцер *28* в ректификационную колонну частичной регенерации *20* в качестве сырья. Другую часть подают на теплообменник *19*, где ее нагревают высококонцентрированным потоком абсорбента, который отбирают через штуцер *39* колонны *21*.

Из теплообменника *19* насыщенный абсорбент подают на дефлегматор через штуцер *36*, из которого его отбирают через штуцер *37* и подают в качестве второго сырьевого потока в ректификационную колонну частичной регенерации *20* через штуцер *32*.

Отпаренную влагу отбирают через штуцер *29* и подают на конденсацию в воздушный холодильник *22*. После конденсации поток подают в рефлюксную емкость *23*, из которой несконденсированные пары отводят через штуцер *41*. Водяной конденсат через штуцер отбора рефлюкса *43* отбирают насосом *24*. Часть его направляют на орошение колонны *20*, а оставшуюся часть сбрасывают в дренаж или используют для промыва сырого газа, конденсат легких углеводородов отбирают через штуцер *42*.

Основную часть потока частично регенерированного абсорбента, отбираемого из колонны *20* через штуцер выхода частично регенерированного абсорбента *30*, после утилизации тепла в теплообменнике *18* насосом *25* подают через штуцер *8* в абсорбер *1* на контакт с сырым газом для предварительной осушки его от воды.

Другую часть потока горячего частично регенерированного абсорбента из колонны *20* подают через штуцер подачи сырья *33* на вторую ступень ректификации в ректификационную колонну окончательной регенерации *21*. Отсепарированный и сконденсированный абсорбент отбирают из колонны *21* в виде жидкостного потока через штуцер *39*. Небольшую часть потока абсорбента через штуцер *40* возвращают в колонну *21* для орошения. Остальную часть после охлаждения в теплообмен-

---

выхода из дефлегматора, *38* – подачи отпарного газа, *39* – отбора высококонденсированного абсорбента; *40* – подачи высококонденсированного абсорбента на орошение, *41* – выхода несконденсированных паров, *42* – отбора углеводородного конденсата, *43* – отбора рефлюкса; *12* – регулирующий клапан; *13* – выветриватель; *17* – фильтр; *18, 19* – теплообменники; *20, 21* – ректификационная колонна для частичной и окончательной регенерации абсорбента; *22* – конденсатор; *23* – рефлюксная емкость; *24–27* – насосы

нике *19* насосом *26* подают через штуцер *9* в абсорбер *1* на окончательную ступень осушки *4* для окончательного извлечения влаги из предварительно осушенного газа в абсорбционной секции предварительной осушки газа *3*.

Из колонны *21* остаток отбирают через штуцер *34*, а несконденсированные пары через штуцер *35* вакуумным насосом *27* подают в колонну *20* через штуцер *21*.

Часть несконденсированных паров верха колонны *21* может использоваться в качестве отпарного газа при подаче его в колонну *21* через штуцер *38*.

Эффективность

Применение предложенного способа осушки газа позволит повысить качество подготовки природного газа, повысить надежность работы установки осушки газа, увеличить сроки службы теплообменного и фильтрационного оборудования за счет повышения концентрации раствора при одновременном выводе из системы примесей (солей, смолистых веществ, механических примесей) и за счет подачи наверх абсорбера конденсата абсорбента.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2155092, БИ № 24, 2000. (Автор Г.К. Зиберт).

2.2. АБСОРБЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

2.2.1. РОТОРНАЯ МАССООБМЕННАЯ КОЛОННА

Краткое описание

Предлагаемая колонна относится к массообменной колонной аппаратуре роторного типа для взаимодействия жидкости с газом.

Роторная массообменная колонна работает следующим образом (рис. 2.6).

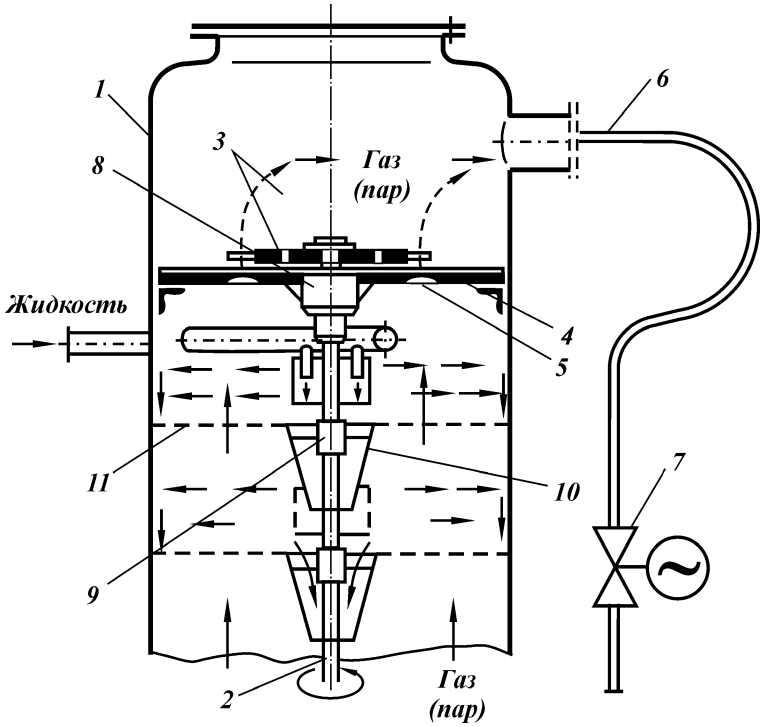


Рис. 2.6. Роторная массообменная колонна:
1 – корпус; *2* – приводной вал ротора; *3* – турбинное колесо; *4* – перегородка; *5* – сопловое отверстие; *6* – труба; *7* – регулирующий вентиль; *8* – опорно-упорный подшипник; *9* – подшипник; *10* – сливной патрубок; *11* – контактная тарелка

Газ проходит по колонне *1* снизу вверх навстречу потоку жидкости. При этом происходит массообмен между газом и жидкостью на контактных тарелках. Затем газ проходит через перегородку *4* с сопловыми отверстиями *5* и, расширяясь в трубопроводе *6*, приводит во вращение приводной вал ротора *2*, после чего выходит из колонны по трубе с регулирующим вентилем *7*. Отвод тепла и смазку подшипников *8, 9* осуществляют с помощью рабочей жидкости. Скорость вращения приводного вала регулируют с помощью вентиля *7*.

Эффективность

Колонна с турбоприводом проста по конструкции и надежна в эксплуатации, вал ротора может развивать практически лю-

бые скорости вращения, причем внешних источников энергопитания не требуется. Применение предлагаемой роторной массообменной колонны позволяет повысить эффективность массообмена.

Разработчик

ДАО ЦКБН ОАО "Газпром" (142100, Московская обл., г. Подольк, Комсомольская, 28).

Литература

Авторское изобретение № 502637, БИ № 6, 1976 (Авторы: Б.С. Язвенко, Г.К. Зиберт, А.Е. Акав).

2.2.2. АППАРАТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГАЗА

Краткое описание

Предложенный аппарат для обработки газа относится к массообменным устройствам роторной конструкции. На рис. 2.7, *а* изображен аппарат для обработки газа; на рис. 2.7, *б* – аппарат с фрикционным колесом, соединяющим распределитель жидкости с внутренней поверхностью фильтрующего барабана.

Установка распределителя жидкости *8* так, чтобы он мог вращаться, приводит к тому, что при его вращении к силам, заставляющим двигаться капли жидкости, выходящие из трубраспылителей *9*, к внутренней поверхности фильтрующего барабана *7* (например, к силе давления струи жидкости), добавляется центробежная сила. Действие этой дополнительной силы на капли жидкости затрудняет захват и унос их газом в пространстве между трубами-распылителями *9* и внутренней поверхностью фильтрующего барабана *7*.

Вращение распределителя жидкости относительно барабана позволяет равномерно орошать внутреннюю поверхность фильтрующего барабана.

Таким образом, в предлагаемом аппарате установка распределителя жидкости с возможностью вращения относительно фильтрующего барабана приводит к тому, что в процессе обработки газа участвует вся поверхность фильтрующего барабана и, следовательно, повышается производительность аппарата.

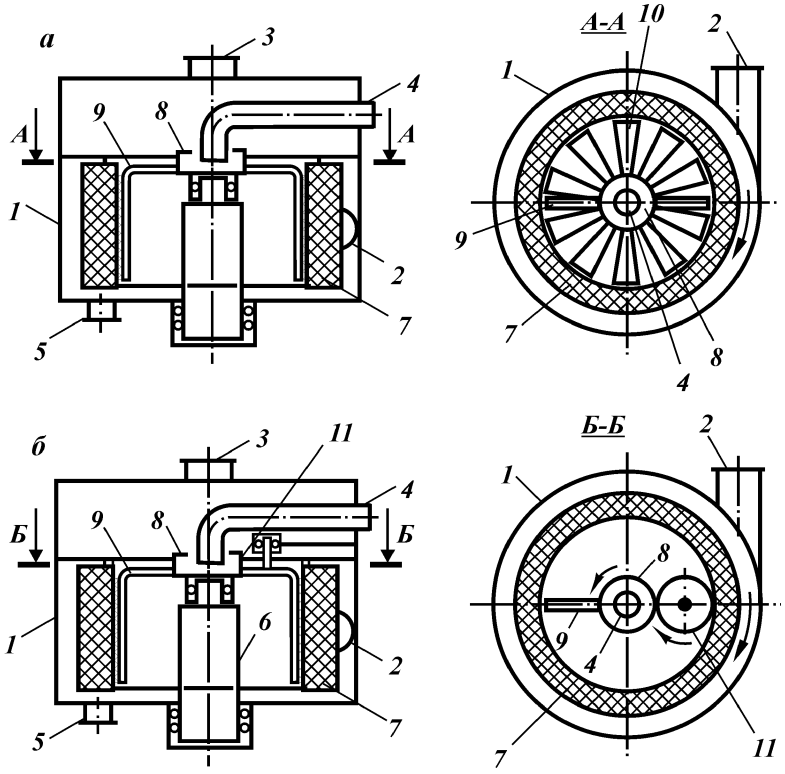


Рис. 2.7. Аппарат для обработки газа:
1 – корпус; *2, 3* – штуцер входа и выхода газа; *4, 5* – штуцер входа и выхода жидкости; *6* – вал; *7* – фильтрующий барабан; *8* – распределитель жидкости; *9* – трубы-распылители; *10* – лопасть; *11* – фрикционное колесо

При установке распределителя жидкости на валу фильтрующего барабана получается наиболее простая конструкция аппарата. Распределитель жидкости приводится во вращение за счет сил трения между ним и валом барабана, но из-за сил инерции он вращается с угловой скоростью, меньшей, чем скорость вращения барабана, т.е. распределитель жидкости вращается относительно барабана.

Снабжение распределителя жидкости лопастями, размещенными на выходе газа из фильтрующего барабана, позволяет увеличить интенсивность его вращения относительно барабана и этим повысить равномерность орошения жидкостью внутренней поверхности фильтрующего барабана. Кроме этого, лопасти позволяют выравнивать поток газа на выходе его

из аппарата, т.е. выполняют функцию раскручивателя потока газа, а при этом снижается гидравлическое сопротивление аппарата потоку газа.

Аппарат, оснащенный фрикционным колесом, размещенным между распределителем жидкости и внутренней поверхностью фильтрующего барабана без зазора для интенсификации вращения распределителя относительно барабана, является одним из вариантов исполнения аппарата.

Аппарат работает следующим образом.

Обрабатываемый газ подают в него через штуцер *2*. Двигаясь по касательной к наружной поверхности барабана *7*, поток газа приводит его во вращение, а затем движется к внутренней поверхности барабана и выходит из аппарата через штуцер *3*.

Барабан *7* вращается вместе с валом *6*, на котором установлен с возможностью вращения распределитель жидкости, приводящийся во вращение за счет сил трения между ним и валом *6* и из-за сил инерции с угловой скоростью, меньшей, чем скорость вращения барабана *7*, т.е. распределитель жидкости вращается также и относительно барабана *7*.

При снабжении распределителя жидкости лопастями *10* поток газа, проходя между ними на выходе из фильтрующего барабана *7*, раскручивает распределитель жидкости и спрямляется, а далее спрямленный поток газа выходит из аппарата через штуцер *3*.

Если распределитель жидкости и внутренняя поверхность фильтрующего барабана *7* соединены фрикционным колесом *11*, то при вращении барабана за счет сил трения (сцепления) начинают вращаться фрикционное колесо *11* и распределитель жидкости, причем последний вращается в сторону, противоположную вращению барабана *7*. При этом значительно возрастает интенсивность вращения распределителя жидкости относительно барабана *7* и, следовательно, повышается равномерность орошения жидкостью внутренней поверхности барабана.

Жидкость через штуцер *4* поступает в коллектор *8* вращающегося распределителя жидкости и далее в трубы-распылители *9*. Выходя из отверстий последних, жидкость распыляется на капли и под действием сил давления струи и центробежной движется к внутренней поверхности фильтрующего барабана *7* навстречу потоку газа. Попадая на его внутреннюю поверхность, жидкость продолжает двигаться навстречу потоку газа к наружной поверхности барабана *7* под действием центробежных сил, возникающих при его вращении.

После прохождения фильтрующего слоя барабана *7* жидкость отбрасывается к стенке корпуса *1* аппарата и отводится из него через штуцер *5*.

Эффективность

Применение предлагаемого аппарата позволяет увеличить его производительность за счет использования всей поверхности фильтрующего барабана и эффективность работы за счет снижения уноса жидкости путем использования центробежных сил.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1526783, БИ № 45, 1989 (Авторы: Г.К. Зиберт, С.И. Кузьмин).

2.2.3. ТЕПЛОМАССООБМЕННАЯ КОЛОННА

Краткое описание

Предлагаемая колонна относится к контактным устройствам, предназначенным для процессов массообмена, с одновременным охлаждением и подогревом среды и может быть использована в абсорбционных и абсорбционно-отпарных процессах газопереработки.

Газ подается снизу, а жидкость – сверху. На тарелке жидкость контактирует с газом, после чего перетекает в сливной карман, омывая змеевик. В зависимости от процесса массообмена на тарелке жидкость либо отдает тепло змеевику (при эндотермических процессах), либо подогревается, проходя змеевик (при экзотермическом процессе). Также в зависимости от процесса в змеевик подают либо хладагент, либо теплоноситель, которыми может быть один из продуктов процесса, проходящего в колонне.

Уровень жидкости в сливном кармане *3* создают регулировкой расположения трубчатого змеевика *4* поперечной планкой *8*.

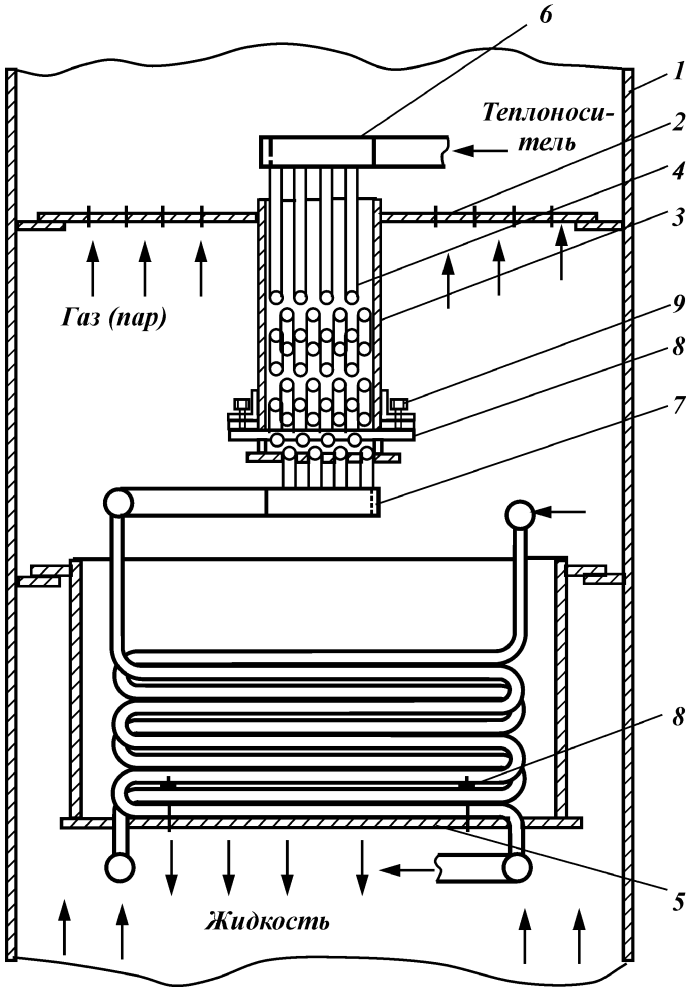


Рис. 2.8. Тепломассообменная колонна:
1 – корпус; *2* – контактные тарелки; *3* – сливной карман; *4* – трубчатый змеевик; *5* – пластина; *6, 7* – входной и выходной коллекторы; *8* – поперечная планка; *9* – болт

Эффективность

Упрощение конструкции и повышение эффективности в тепломассообменной колонне происходит за счет подпора жидкости в сливном кармане.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 532382, БИ № 39, 1976 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.А. Александров, И.К. Глушко, В.А. Сдобнов).

2.2.4. КОЛОННЫЙ АППАРАТ

Краткое описание

Предложенный колонный аппарат относится к абсорбционному оборудованию осушки и очистки природного газа абсорбентом.

Принципиальная конструкция абсорбера представлена на рис. 2.9.

Аппарат работает следующим образом.

Сырой газ в смеси с конденсатом подается в нижнюю часть корпуса *1* через патрубок *2* и поступает в цилиндрические патрубки *16*, где он закручивается завихрителями *17* и взаимодействует с углеводородным конденсатом, который абсорбирует тяжелые фракции. Жидкость за счет сил инерции отбрасывается к стенкам патрубков *16*, поднимается вверх в виде пленки за счет сил трения и отводится через кольцевые зазоры в сепараторах *18*. Выделившийся конденсат по сливному устройству *5* перетекает в нижнюю часть *6* колонного аппарата, откуда выводится через патрубок *20*.

Отсепарированный от конденсата поток газа поступает на орошаемые сверху контактные ступени *4*, где взаимодействует в прямоточно-центробежных элементах *13* с жидким абсорбентом, освобождаясь от влаги. Регенерированный жидкий абсорбент подается через патрубок *7* на верхнюю контактную ступень в приемный карман *15*, откуда по сливному устройству *5* перетекает на нижележащую ступень.

Пройдя все контактные ступени *4*, осушенный газ, унося с собой абсорбент, поступает в коалесцирующую ступень *8*, где в патрубках *10* происходит укрупнение мелкодисперсных взвешенных в газе частиц абсорбента, которые отводятся через сливное устройство *11* в карман *15*. Оставшиеся частицы абсорбента вместе с газом поступают в сепаратор *12*, откуда жидкость отводится через сливное устройство *14* в карман *15*.

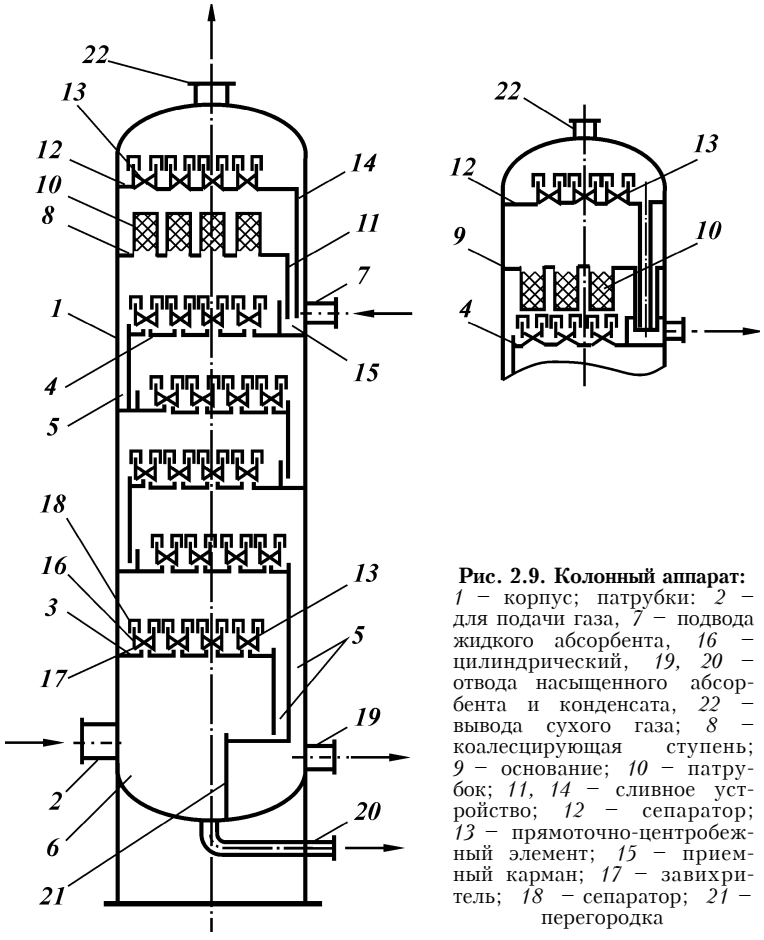


Рис. 2.9. Колонный аппарат:
1 – корпус; патрубки: *2* – для подачи газа, *7* – подвода жидкого абсорбента, *16* – цилиндрический, *19, 20* – отвода насыщенного абсорбента и конденсата, *22* – вывода сухого газа; *8* – коалесцирующая ступень; *9* – основание; *10* – патрубок; *11, 14* – сливное устройство; *12* – сепаратор; *13* – прямоточно-центробежный элемент; *15* – приемный карман; *17* – завихритель; *18* – сепаратор; *21* – перегородка

Сухой газ выводится из аппарата через патрубок *22*.

Насыщенный абсорбент по сливным устройствам *5* протекает в нижнюю часть *6* корпуса аппарата, откуда отводится через патрубок *19*.

Эффективность

Так как аппарат снабжен коалесцирующей ступенью, установленной между сепаратором и верхней контактной ступенью, выполненной в виде основания, снабженного патрубками, заполненными стекловолокном, предотвращается унос абсор-

бента сухим газом и повышается эффективность разделения. Техническое решение использовано на объектах ОАО "Газпром" и нефтяной промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство №670317, БИ № 24, 1979 (Авторы: Г.К. Зиберт, Ю.А. Кащицкий, В.Д. Соломатин, Л.Б. Макарова).

2.2.5. МАССООБМЕННЫЙ АППАРАТ

Краткое описание

Предложенный массообменный аппарат относится к аппаратам, предназначенным для процессов абсорбции, десорбции, ректификации (рис. 2.10).

Работает массообменный аппарат следующим образом.

Жидкость в виде абсорбента или флегмы поступает в аппарат через штуцер *5* на трубную решетку *3*, смачивает соединенные между собой концы насадки *4* и за счет капиллярных сил равномерно стекает по вертикальным трубам *2*, где в противотоке контактирует с газом, поданным в аппарат через штуцер *6*. Для съема или подвода тепла из зоны контакта в межтрубное пространство подают хладагент или теплоноситель.

Таким образом, расположение концов сетчатой насадки над трубной решеткой и соединение их между собой обеспечивает равномерное распределение жидкости по вертикальным трубам, а выполнение насадки в виде рукава, закрученного по спирали, увеличивает поверхность контакта взаимодействующих фаз по сравнению с известными массообменными аппаратами.

Эффективность

Эффективность работы предложенного аппарата достигается за счет равномерного распределения жидкости по вертикальным трубам благодаря тому, что концы насадки располо-

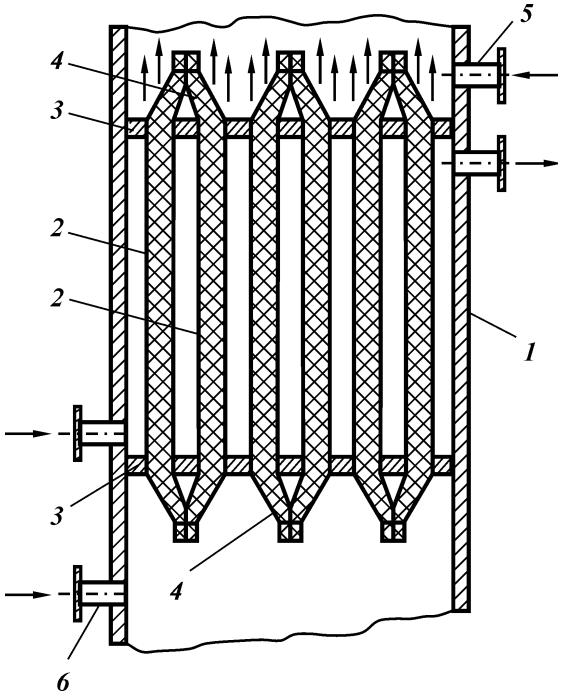


Рис. 2.10. Массообменный аппарат:
1 – корпус; *2* – вертикальные трубы; *3* – трубные решетки; *4* – сетчатая насадка; *5* – штуцер для подвода жидкости; *6* – штуцер для подвода газа

жены над трубной решеткой и соединены попарно между собой. Кроме того, сетчатая насадка выполнена в виде рукава, закрученного по спирали. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН и внедрено в промышленность.

Разработчик

ДАО ЦКБН ОАО "Газпром" (142100, Московская область, г. Подольск, Комсомольская, 28).

Литература

Авторское свидетельство № 724151, БИ № 12, 1980 (Авторы: Г.К. Зиберт, Б.В. Гайдук).

2.2.6. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ МАССООБМЕННЫЙ АППАРАТ

Краткое описание

Предложенный горизонтальный массообменный аппарат, конструкция которого показана на рис. 2.11, предназначен для процессов абсорбции, десорбции, ректификации.

Жидкость через патрубок *13* ввода жидкости поступает под первую тарелку *5*, где на поверхности раздела фаз она контактирует с газом, подаваемым в аппарат через патрубок *15* ввода газа. За счет подпора газа, равного гидравлическому сопротивлению секции и создаваемого газом разрежения в центральной части прямоточного элемента *6*, жидкость поступает по трубкам *7* в каждый из прямоточных элементов *6*.

Газ, проходя через завихритель *12*, закручивается и отбра-

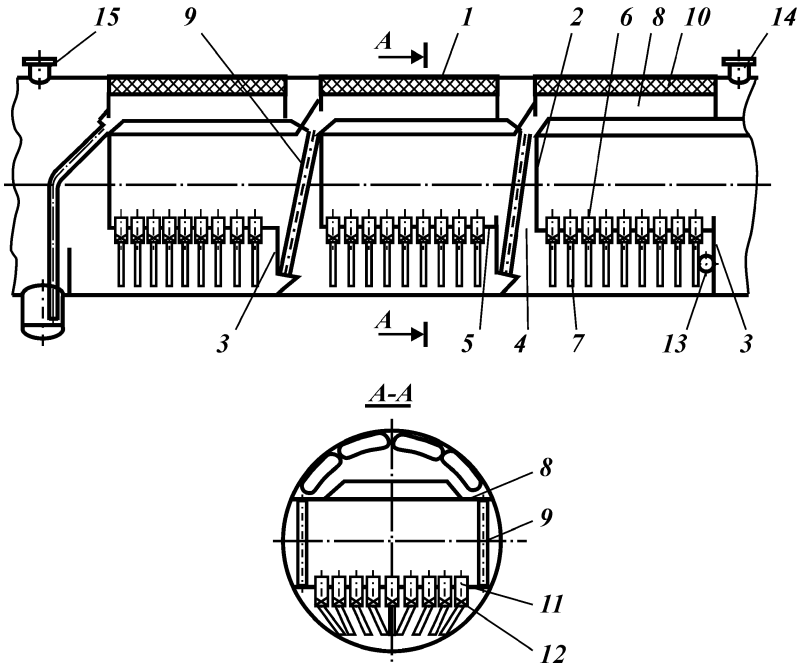


Рис. 2.11. Горизонтальный массообменный аппарат:
1 – корпус; *2, 3* – верхние и нижние перегородки; *4* – канал для прохода газа; *5* – тарелки; *6* – прямоточные элементы; *7* – трубки; *8* – сливные карманы; *9* – сливные трубки; *10* – пористая насадка; патрубки: *13* – ввода жидкости, *14, 15* – вывода и ввода газа; *11* – цилиндрические; *12* – завихритель

сывает жидкость, выходящую из трубок *7*, к внутренним стенкам прямоточного элемента *6* и потоком газа поднимается по (спирали) винтовой линии. При этом происходит интенсивный массообмен газа с жидкостью. Далее жидкость, которую газ поднимает над тарелкой, дробится и контактирует с газом в объеме аппарата. Проконтактировавшая с газом жидкость отбрасывается на наклонную пористую насадку *10*, накапливается на ней и стекает в сливной карман *8*, откуда по сливным трубам *9* перетекает под тарелку предыдущей по ходу газа секции. Газ, проходя над тарелкой, дополнительно контактирует с пленкой жидкости, удерживающейся за счет сил сцепления на наклонной пористой насадке *10*, и подается на последующую ступень или на выход из аппарата через патрубок *14* вывода газа. Жидкость после контакта на последней ступени также выводится из аппарата. Таким образом, газ и жидкость перемещаются в аппарате противотоком.

Эффективность

Использование предлагаемого аппарата позволяет повысить эффективность массообмена за счет дополнительного контакта газа с поверхностью жидкости, находящейся под тарелками, и увеличения объема контактного пространства над тарелкой, а также за счет дополнительного контакта газа с пленкой жидкости на развитой наклонной пористой поверхности. Подача жидкости в нижнюю часть аппарата исключает ее провал на тарелках при пониженных скоростях газа.

Установка элементов над тарелками позволяет использовать объем между ними для прохода газа, т.е. более эффективно использовать поперечное сечение аппарата и уменьшить высоту элементов. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 929134, БИ № 19, 1982 (Автор Г.К. Зиберт).

2.2.7. МАССООБМЕННЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГАЗА И ЖИДКОСТИ

Краткое описание

Предложенный массообменный аппарат (рис. 2.12) может быть использован на установках комплексной подготовки газа и газоперерабатывающих заводах.

Массообменный аппарат работает следующим образом.

Газовый поток подают в нижнюю часть аппарата под полотно *4* тарелок, а жидкость подают в верхнюю часть аппарата на полотно тарелок. Газ поступает в завихритель *9*, где закручивается, в закрученный газовый поток через переливные трубки *12* с полотен тарелок жидкость поступает через каналы *18*. Жидкость смачивает поверхность вытеснителя *19*, дробится газовым потоком и отбрасывается на внутреннюю стенку прямоточно-центробежного элемента *7*. При взаимодействии газового и жидкостного потоков между ними происходит интенсивный тепломассообмен. Проконтактировавшая жидкость в прямотоке отводится сепаратором *8* на полотно тарелки *4*, откуда поступает на нижележащую ступень. После контакта газ выводится с верхней части аппарата, а жидкость – с нижней.

Эффективность

За счет того, что прямоточно-центробежные элементы снабжены регулировочными устройствами, а полотна уплотнены с опорными элементами тарелок и с прямоточно-центробежными элементами переливными трубками, соединенными через регулировочное устройство с нижней частью этих элементов, упрощается конструкция аппарата и монтаж тарелок. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН и внедрено в промышленность.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1223940, БИ № 14, 1986 (Автор Г.К. Зиберт).

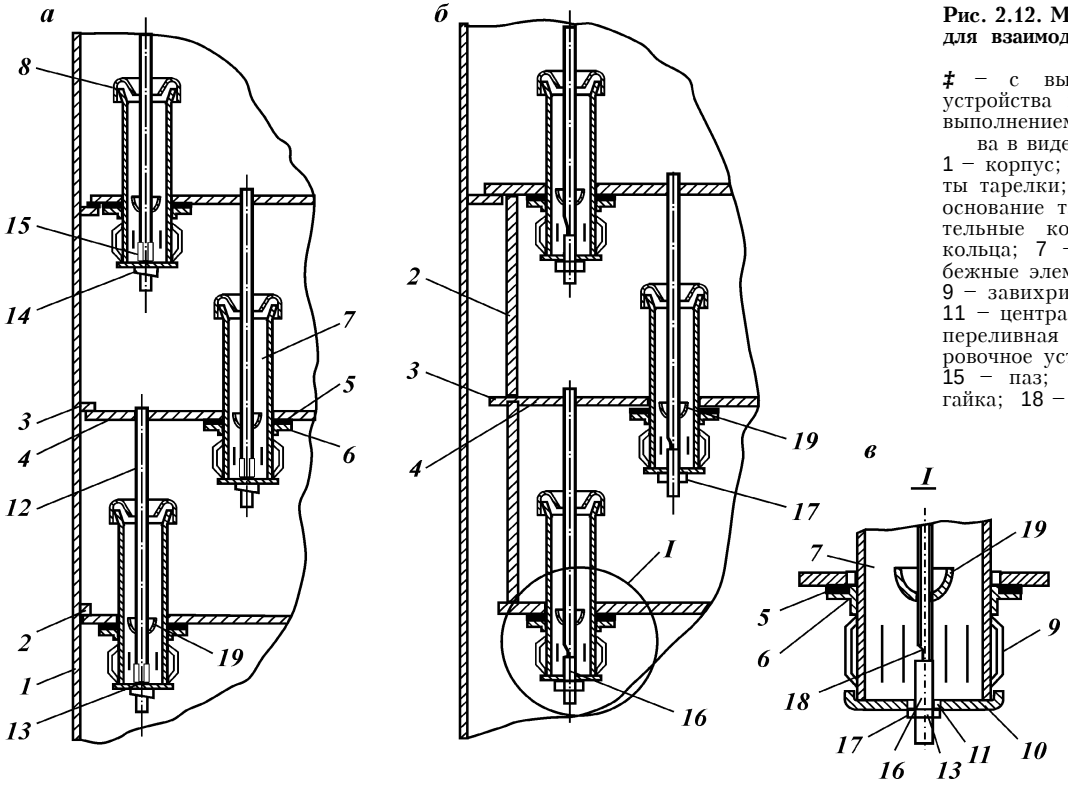


Рис. 2.12. Массообменный аппарат для взаимодействия газа с жидкостью:

‡ – с выполнением опорного устройства в виде клина; · – с выполнением опорного устройства в виде гайки; , – узел 1.

1 – корпус; 2 – опорные элементы тарелки; 3 – прокладки; 4 – основание тарелки; 5 – уплотнительные кольца; 6 – опорные кольца; 7 – прямоточно-центробежные элементы; 8 – сепаратор; 9 – завихритель; 10 – донышко; 11 – центральное отверстие; 12 – переливная трубка; 13 – регулировочное устройство; 14 – клин; 15 – паз; 16 – шпилька; 17 – гайка; 18 – каналы; 19 – вытеснитель

2.2.8. КОЛОННЫЙ МАССООБМЕННЫЙ АППАРАТ

Краткое описание

Предложенный колонный массообменный аппарат предназначен для использования на установках подготовки и переработки газа и конденсата (рис. 2.13).

Аппарат работает следующим образом.

Газ подается снизу колонны, барботирует на тарелках через слой жидкости, подаваемой сверху, и выходит из колонны. На тарелке образуется определенный газожидкостной слой, избы-

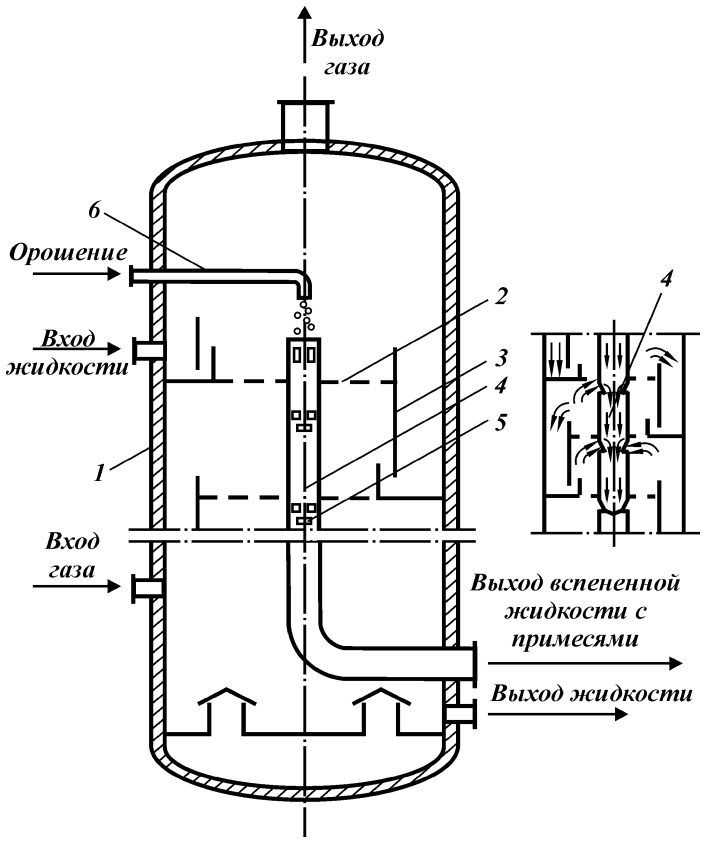


Рис. 2.13. Колонный массообменный аппарат:
1 – корпус; 2 – тарелки; 3 – переливное устройство; 4 – вертикальный короб; 5 – элементы для слива; 6 – ороситель

ток которого сливается через переливное устройство 3 на нижележащую тарелку 2. Поверхностно-активные вещества, ингибиторы коррозии и примеси при контакте с жидкостью плавают на ее поверхности, значительно увеличивая вспениваемость системы, а следовательно, и высоту газожидкостного слоя на тарелке 2.

При увеличении высоты газожидкостного слоя жидкость стекает через элементы 5 для слива по всей высоте колонны и выводится из ее кубовой части. Вследствие этого поверхностно-активные и другие вещества, находящиеся на поверхности барботажного слоя, удаляются из колонны и не участвуют в дальнейшем процессе массоотдачи. В вертикальный короб сверху подается часть орошения для уменьшения вспенивания жидкости.

Эффективность

Предложенная конструкция позволяет увеличить производительность аппарата за счет удаления поверхностно-активных веществ и примесей с поверхности барботажного слоя, благодаря чему значительно уменьшается вспенивание раствора. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН и внедрено в промышленность.

Разработчик

ДАО ЦКБН, ВНИИГаз, ОАО “Газпром”

Литература

Авторское свидетельство № 1418955, 1988 (Авторы: Г.К. Зиберт, Д.Ц. Бахшиян, Е.Н. Туревский, Р.Л. Шкляр, А.П. Елеференко).

2.2.9. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ АБСОРБЕР

Краткое описание

Предложенный горизонтальный абсорбер относится к конструкциям высокопроизводительных абсорберов для осушки газа.

Абсорбер (рис. 2.14) состоит из массообменных секций, последовательно расположенных внутри трубопровода, снаб-

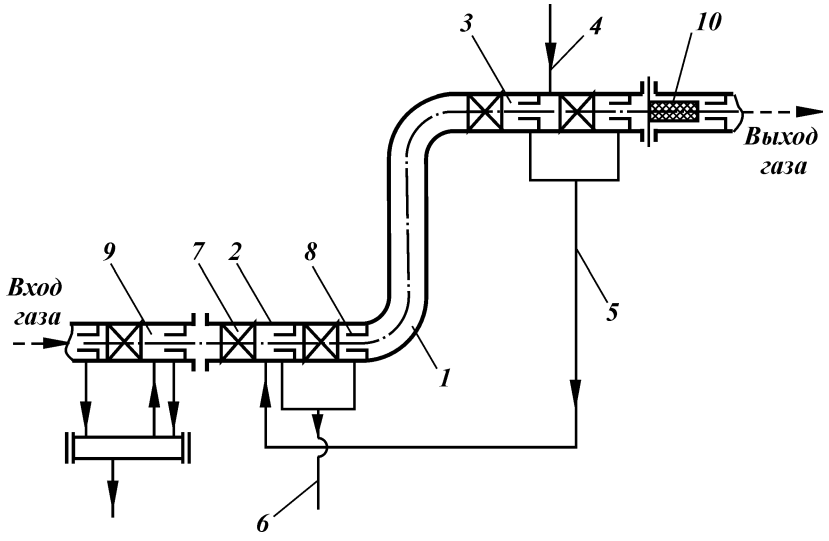


Рис. 2.14. Горизонтальный абсорбер:
1 – трубопровод; 2, 3 – массообменные секции; патрубки: 4 – для подачи регенерированного абсорбента, 6 – для отвода насыщенного абсорбента; 5 – трубопровод частично насыщенного абсорбента; 7 – завихритель; 8 – каплесъемник; 9, 10 – входной и выходной сепараторы

женного патрубками подвода и отвода контактирующих фаз и концевых сепараторов. Участки трубопровода с размещенными в них массообменными секциями расположены на разных уровнях, причем участки верхних уровней сообщены с участками нижнего уровня трубопроводом отвода частично насыщенного абсорбента, а участок трубопровода верхнего уровня снабжен патрубком для подачи регенерированного абсорбента.

Горизонтальный абсорбер осушки газа работает следующим образом.

Сырой газ, проходящий с месторождения по трубопроводу, поступает на входной сепаратор 9, где происходит его предварительная очистка от капельной жидкости и механических примесей. Отделившаяся жидкость стекает вниз в емкость сбора жидкости. Затем газовый поток поступает в массообменные секции 2, расположенные на нижнем уровне трубопровода 1, и, частично осушенный, проходит для окончательной осушки в массообменные секции 3, расположенные на верхнем уровне трубопровода 1.

Регенерированный абсорбент (РДЭГ) подается насосом через патрубок 4 в массообменные секции 3, расположенные на верхнем уровне, для окончательной осушки, а для предварительной осушки в массообменные секции 2, расположенные на нижнем уровне, поступает по трубопроводу 5 частично насыщенный абсорбент с массообменных секций 3. Частично насыщенный абсорбент поступает в массообменные секции, расположенные на нижнем уровне трубопровода самотеком в режиме противотока. Отделившийся насыщенный абсорбент (НДЭГ) с секции предварительной осушки поступает самотеком по трубопроводу 6 в дренажную емкость. С массообменных секций верхнего уровня осушенный газовый поток поступает на фильтрующую, выходную сепарационную ступень 10. Отделившийся НДЭГ с фильтрующей ступени поступает в дренажную емкость, а из нее – на установку регенерации.

Трубопровод 1 изогнут в вертикальной плоскости таким образом, что образует разноуровневую систему, причем минимальная высота верхнего уровня по отношению к нижнему обусловливается давлением жидкости в трубопроводе отвода частично насыщенного абсорбента и подачи его в массообменные секции нижнего уровня и разрежения, образуемого в центре трубопровода, где установлены массообменные секции нижнего уровня, обеспечивающие самопроизвольное истечение жидкости.

Массообменная секция может быть выполнена в виде двойного завихрителя 7 для закрутки газа и установленного за ним каплесъемника 8 для удаления проконтактировавшей с газом жидкости.

Трубопровод подачи регенерированного и частично насыщенного абсорбента обеспечивает подачу ДЭГ в разреженную зону непосредственно за завихрителем 7 до каплесъемника 8.

Трубопровод 1 с расположенными в нем массообменными секциями может иметь больше двух уровней.

Эффективность

Эффективность работы предложенного горизонтального абсорбера обусловлена снижением энергозатрат на процесс осушки газа и снижением количества регенерированного абсорбента за счет того, что участки трубопровода расположены на разных уровнях, а регенерированный абсорбент подается только в массообменные секции верхнего уровня. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2091139, БИ № 27, 1997 (Автор Г.К. Зиберт).

2.2.10. КОЛОННЫЙ АППАРАТ МАССООБМЕНА МЕЖДУ ГАЗОМ И ЖИДКОСТЬЮ

Краткое описание

Колонный аппарат для процессов массообмена между газом и жидкостью предназначен для проведения абсорбционных процессов осушки и очистки природного газа (рис. 2.15).

Аппарат содержит корпус с патрубками ввода и вывода газа и жидкости, внутри которого расположены сепараторы, глухая по жидкости тарелка, контактные ступени и коалесцирующая ступень, клапанная тарелка и вертикальная перегородка, делящая часть аппарата, в которой установлены контактные ступени, на две части, причем верхний торец перегородки соединен с клапанной тарелкой, клапаны которой над одной частью разделенной перегородкой колонны полностью открыты, а штуцер подачи жидкости расположен между верхней контактной ступенью и клапанной тарелкой.

Колонный аппарат для процессов масообмена между газом и жидкостью работает следующим образом.

Сырой газ в смеси с водой и углеводородным газом подается в нижнюю часть корпуса 1 через патрубок 2, откуда поступает на сепарационную ступень 3, на которой происходит отделение жидкости. Отсепарированная жидкость через сливное устройство 4 подается в нижнюю часть аппарата и отводится через штуцер 14.

Отсепарированный от капельной жидкости газ с сепарационной ступени 3 мимо глухой по жидкости тарелки 5 поступает на контактные ступени 6 продольных отсеков 16 и 17, где контактирует в противотоке с жидкостью (регенерированным абсорбентом), подаваемой через штуцер 10. При этом клапаны 9 регулирующей тарелки 8, расположенные над продольным отсеком 17, закрыты. Работает только продольный отсек 16, клапаны 9 регулирующей тарелки 3 над которым открыты.

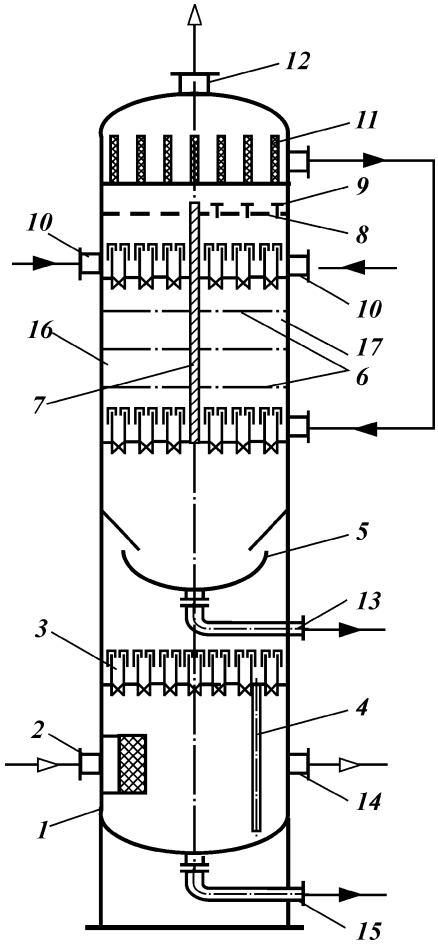


Рис. 2.15. Колонный аппарат для процессов массообмена между газом и жидкостью:
1 – корпус аппарата; 2 – патрубок подачи сырого газа; 3 – сепарационная ступень; 4 – сливное устройство; 5 – глухая по жидкости тарелка; 6 – контактные ступени; 7 – вертикальная перегородка; 8 – регулирующая тарелка; 9 – клапаны; штуцера: 10 – подачи регенерированного абсорбента, 12 – отвода осушенного газа, 13 – отвода насыщенного абсорбента, 14 – для отвода отсепарированной жидкости; 11 – коалесцирующая ступень; 15 – дренаж; 16, 17 – продольные отсеки

Когда для канала с малым гидравлическим сопротивлением достигается максимальный расход газа, под действием напора газа приоткрываются клапаны 9 регулирующей тарелки 8, расположенные над отсеком 17 с большим гидравлическим сопротивлением.

Максимальная производительность аппарата достигается при работе двух продольных каналов 16 и 17.

Осушенный газ выводится из аппарата через штуцер 12, насыщенный абсорбент – через штуцер 13.

Эффективность

Установка в аппарат клапанной тарелки и вертикальной перегородки, делящей часть аппарата, с расположенными в ней контактными ступенями, на две части, соединение верхнего торца перегородки с клапанной тарелкой, клапаны которой над одной частью разделенной перегородкой колонны полностью открыты, и расположение штуцера подачи жидкости между верхней контактной ступенью и клапанной тарелкой позволило значительно расширить диапазон эффективной работы аппарата. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН для применения на Таловском ПХГ Саратовской области.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2120327, БИ № 29, 1998 (Автор Г.К. Зиберт).

ê‡Á‰ÂÎ 3

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕСЯ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ АБСОРБЕНТА В ПРОЦЕССАХ АБСОРБЦИОННОЙ ОСУШКИ И ОЧИСТКИ ГАЗА

3.1. ТЕХНОЛОГИИ

3.1.1. СПОСОБ РЕГЕНЕРАЦИИ АБСОРБЕНТА

Краткое описание

Предложенный способ регенерации абсорбента относится к технике осушки и очистки природного или попутного газа.

Способ регенерации абсорбента включает в себя нагрев насыщенного абсорбента, продувку его отпарным газом, охлаждение и осушку последнего и возврат его на стадию продувки. Осушку отпарного газа осуществляют путем адсорбции на твердых поглотителях до точки росы отпарного газа минус 70 – минус 30 °С.

Эффективность

Данный способ позволяет уменьшить расход отпарного газа на 15–20 %, снизить нагрузку регенератора по абсорбенту на 10–15 % и обеспечить повышение концентрации регенерированного абсорбента. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 654274, БИ № 12, 1979 (Авторы: Л.М. Виленский, Г.К. Зиберт, Ю.А. Кащицкий).

3.1.2. СПОСОБ ГЛУБОКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ПОГЛОТИТЕЛЯ ВЛАГИ – ГЛИКОЛЯ

Краткое описание

Предложенный способ регенерации гликоля относится к процессам абсорбционной осушки газов.

Глубокую осушку гликоля проводят путем предварительного нагрева регенерированным поглотителем водяных паров до 135–140 °С с последующей двухступенчатой отпаркой их, причем вторую ступень ведут под вакуумом, отбирая паровой поток со второй ступени и осуществляя его контакт с потоком холодного поглотителя до вакуум-создающей системы. На стадию контактирования подают 15–60 % (по массе) исходного насыщенного поглотителя, который возвращают после контактирования в исходный поток поглотителя. При этом исходный поток поглотителя подают при 5–40 °С.

Предложенный способ работает следующим образом.

Насыщенный гликоль подают в теплообменник для предварительного нагрева регенерированным поглотителем влаги. Нагретый насыщенный гликоль подают на первую ступень отпарки в среднюю часть атмосферной или вакуумной колонны, где происходит предварительная отпарка влаги.

Пары влаги, выходя из первой ступени отпарки, контактируют в противотоке с флегмой, образованной частичной конденсацией этих паров, что предотвращает унос поглотителя влаги. Несконденсированные пары выводят из первой ступени. Из нижней (кубовой) части колонны частично регенерированный и подогретый поглотитель влаги подают во вторую ступень отпарки, откуда водяные пары поступают на вакуум-создающую систему, перед которой происходит контакт этих паров с потоком холодного исходного насыщенного поглотителя. После его контакта поглотитель возвращается в исходный поток. При контакте в противотоке насыщенного холодного поглотителя влаги с парами воды происходит поглощение паров влаги холодным потоком жидкого поглотителя, что приводит к резкому снижению парциального давления паров влаги и общего давления на этой ступени. Несконденсированные пары

с контактной ступени отводят и подают на первую ступень отпарки или сбрасывают в атмосферу.

Эффективность

Предложенный способ глубокой регенерации абсорбента дает возможность получить высококонцентрированный (абсолютизированный) поглотитель влаги, с помощью которого можно осушить природные и попутные газы с большой депрессией по начальной и конечной температуре точки росы и до точек росы минус 40 – минус 100 °С без применения адсорбционных установок, работающих циклически и имеющих значительный перепад давления; для установки осушки с высокой начальной температурой газа этот способ позволяет снизить затраты на предварительные охлаждения этого газа. По сравнению с адсорбционным способом процесс глубокой осушки газа высококонцентрированным гликолем по капитальным вложениям ниже на 20 %, энергозатраты втрое меньше, а себестоимость осушки газа меньше на 30 %. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН и внедрено в промышленность.

Разработчик

ДАО ЦКБН ОАО "Газпром" (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28), Всесоюзный заочный политехнический институт.

Литература

Патент РФ № 1033166, БИ № 29, 1995 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.А. Александров, Ю.А. Кащицкий).

3.1.3. СПОСОБ РЕГЕНЕРАЦИИ ЖИДКОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ ЖИДКОСТИ

Краткое описание

Предложенный способ регенерации жидкого поглотителя жидкости относится к процессам осушки газа жидкими поглотителями и используется в промысловых и заводских установках осушки природного и нефтяного газа, в регенераторах гликоля.

На рис. 3.1 изображена принципиальная технологическая схема установки, работающая следующим образом.

Насыщенный гликоль подают по линии 1 в теплообменник 2 для предварительного нагрева регенерированным поглотителем влаги, поступающим по линии 3. Нагретый насыщенный гликоль подают по линии 4 на первую ступень отпарки в среднюю часть атмосферной или вакуумной колонны 5, где происходит предварительная отпарка влаги.

Пары влаги, выходя из первой ступени отпарки, контактируют в противотоке с флегмой, образованной частичной конденсацией этих паров, что предотвращает унос поглотителя влаги. Несконденсированные пары выводятся из первой ступени по линии 6. Из нижней (кубовой) части колонны частично регенерированный и подогретый поглотитель влаги подают во вторую ступень отпарки 14, откуда водяные пары поступают на вакуумсоздающую систему 8, перед которой осуществляют контакт паров с потоком холодного поглотителя, отбираемого из линии 1 по линии 9 на контактную ступень 10.

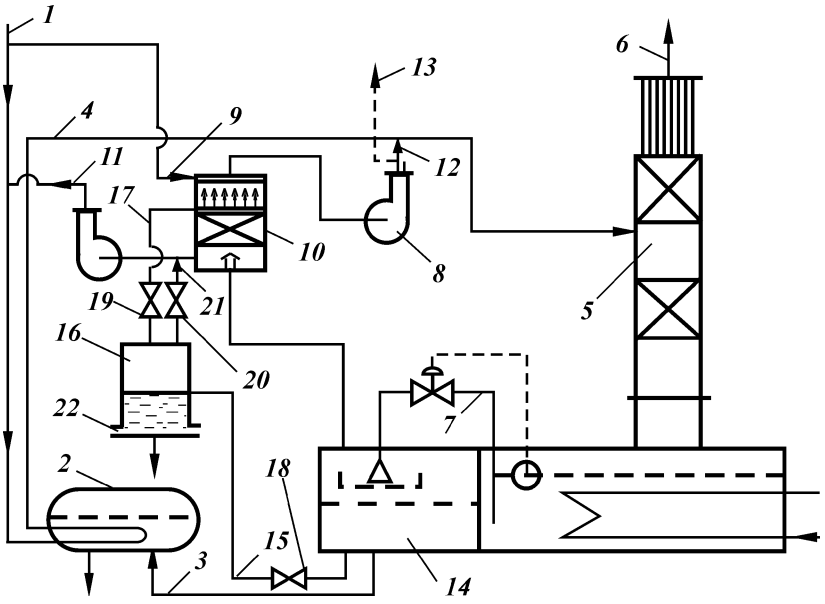


Рис. 3.1. Способ регенерации жидкого поглотителя влаги:
1 – линия насыщенного поглотителя; 2 – теплообменник; 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 17, 21 – линии материальных потоков; 5 – вакуумная колонна; 8 – вакуумсоздающая система; 10 – контактная ступень; 14 – вторая ступень; 16 – емкость, 18, 19, 20 – запорные устройства; 22 – люк

После контакта на ступени 10 поглотитель по линии 11 возвращается в линию 1. При контакте в противотоке насыщенного холодного поглотителя влаги с парами воды на ступени 10 происходит поглощение паров влаги холодным потоком жидкого поглотителя, что приводит к резкому снижению парциального давления паров влаги и общего давления на этой ступени. Несконденсированные пары с контактной ступени 10 отводят и подают по линии 12 на первую ступень отпарки или по линии 13 сбрасывают в атмосферу.

Для очистки гликоля от примесей часть горячего регенерированного поглотителя из второй ступени 14 отпарки влаги подают по линии 15 в емкость 16, в которой горячий регенерированный поглотитель испаряют путем подачи его паров на контакт с холодным поглотителем перед его контактированием с водяным паром второй ступени отпарки. На линиях 15 и 17 установлены запорные устройства 18 и 19 для отключения емкости 16 от системы. После отключения емкости 16 по линии 21 через запорное устройство 20 соединяют ее с атмосферой, затем выгружают неиспарившиеся примеси (соли, смолы, продукты коррозии), открывая люк (устройство выгрузки) 22.

Эффективность

Вследствие уменьшения засоления диэтиленгликоля потери его при обессоливании практически отсутствуют. Использование предложенного способа позволяет отказаться от закупки импортных установок обессоливания гликолей, стоимость которых значительна (45 000–50 000 долларов). Создание и освоение отечественных аналогичных установок позволяет совместить процесс регенерации с процессом обессоливания, что снижает капитальные и энергетические затраты на эти процессы. Техническое решение внедрено в промышленность.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 1077619, БИ № 9, 1984 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.А. Александров, Ю.А. Кащицкий).

3.2. ОБОРУДОВАНИЕ

3.2.1. РЕГЕНЕРАТОР АБСОРБЕНТА

Краткое описание

Регенератор абсорбента (рис. 3.2) выполнен в виде вертикального корпуса с укрепляющей секцией в верхней части, под которой размещены испарительная секция, десорбционная колонка и змеевик десорбционного газа, а в нижней части корпуса установлена рекуперативно-десорбционная секция. Регенератор снабжен усеченным конусом, установленным под испарительной секцией, меньшее основание которого соединено с верхней частью десорбционной колонки, а нижняя часть соединена со змеевиком десорбционного газа.

Регенератор работает следующим образом.

Насыщенный абсорбент подают через патрубок 23 в межтрубное пространство рекуперативно-теплообменной секции 19, где он предварительно нагревается окончательно регенерированным абсорбентом, стекающим по трубам трубного пучка 20. Через патрубок 24 насыщенный абсорбент выводят из межтрубного пространства секции 19 и по трубопроводу 25 подают на верх испарительной секции 5. Насыщенный абсорбент стекает по насадке 10, размещенной в трубах трубного пучка 6, равномерно нагревается по всей высоте испарительной секции 5 теплоносителем, который вводят в межтрубное пространство секции 5 через патрубок 8 и выводят через патрубок 9. В процессе нагрева насыщенного абсорбента в трубках трубного пучка 6 пары абсорбента и поглощенного вещества разделяются на фракции в присутствии десорбционного газа, поступающего из колонки 11.

Смесь паров абсорбента, поглощенного вещества и десорбционного газа поднимается в секцию 2, где на насадке при взаимодействии с флегмой, вводимой через патрубок 4, происходит окончательное концентрирование паров поглощенного вещества, которые затем вместе с десорбционным газом выводят через патрубок 29 из регенератора. Частично регенерированный абсорбент из нижней части испарительной секции 5 перетекает в колонку 11, где на насадке 17 он контактирует с десорбционным газом, поступающим через патрубок 16 в низ колонки 11. Десорбционный газ вводят в змеевик 14 через патрубок 15; через патрубок 18 окончательно регенерированный абсорбент выводят из регенератора.

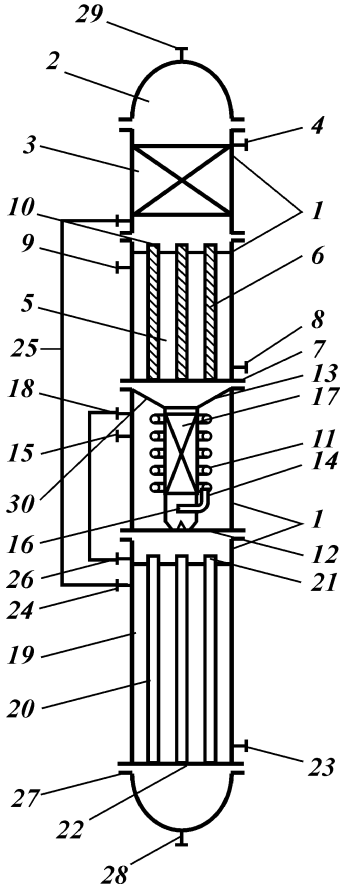


Рис. 3.2. Регенератор абсорбента:
1 – корпус; 2 – укрепляющая секция; 3 – контактное устройство; патрубки: 4 – для ввода флегмы, 8, 9 – ввода и вывода теплоносителя, 15, 16 – ввода и вывода десорбционного газа, 18, 28 – вывода регенерированного абсорбента, 23 – подачи насыщенного абсорбента, 24 – вывода насыщенного абсорбента, 29 – для вывода смеси десорбционного газа и абсорбционного вещества; 5 – испарительная секция; 6, 20 – пучок труб; 7, 21, 22 – трубные решетки; 10 – насадка; 11 – колонка; 12 – перегородка; 13 – кольцевое пространство; 14 – змеевик; 17 – насадка; 19 – рекуперативно-теплообменная секция; 25 – трубопровод; 26 – патрубок; 27 – сборник регенерированного абсорбента; 30 – усеченный конус

Эффективность

В предложенном регенераторе значительно уменьшены габариты, металлоемкость, снижены энергозатраты на проведение процесса регенерации за счет увеличения поверхности теплообмена и равномерного нагрева абсорбента. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН и внедрено в промышленность.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 940812, БИ № 25, 1982 (Авторы: Б.В. Гайдук, Г.К. Зиберт, Г.П. Цинкалов, Л.П. Отвечалин).

3.2.2. РЕГЕНЕРАТОР АБСОРБЕНТА

Краткое описание

Предложенный регенератор абсорбента используется в аппаратах регенерации жидких поглотителей жидкости (гликолей).

Регенератор (рис. 3.3) содержит вертикальный корпус 1, разделенный на отдельные секции. Рекуперативно-теплообменная секция 2 размещена в нижней части корпуса.

В средней части корпуса последовательно расположены секция вторичной отпарки 3, сообщенная по пару на входе с рекуперативно-теплообменной секцией 2, испарительная секция 4, сообщенная с секцией вторичной отпарки 3 по жидкости, ректификационная секция 5.

В верхней части аппарата размещена вакуумно-конденсационная секция 6. Рекуперативно-теплообменная секция 2 состоит из обечайки, закрытой сверху и снизу трубными решетками 7, в которых закреплены трубы 8. Межтрубное пространство секции 2 соединено на входе трубой 9 с линией насыщенного абсорбента 10 и на выходе – трубой 11 с линией подогретого насыщенного абсорбента 12. Секция вторичной отпарки 3 состоит из обечайки 13, ограниченной сверху крышкой, а снизу – диском 14 с отверстием и сообщается по пару с теплообменно-рекуперативной секцией 2, а по жидкости – с испарительной секцией 4. Внутри секции вторичной отпарки 3 расположен нагреватель 15. Испарительная секция 4 состоит из двух кольцевых решеток 16, соединенных с внутренней 17 и наружной 18 обечайками, в решетках закреплены трубы пучка 19.

Секция вторичной отпарки 3 расположена внутри секции 4. Над секцией 4 установлена тарелка 20 с отверстием в центре, в которое встроен патрубок 21 для выхода паров. Ректификационная секция 5 состоит из ряда насадок 22, орошаемых раздаточными устройствами 23, дефлегматора 24 и сепарационного устройства 25. В вакуумно-конденсационной секции 6 смонтирована насадка 26 и орошающее устройство 27.

Секция 6 сообщается по пару с секцией вторичной отпарки 3. Тарелка 20 сообщена по жидкости трубой 28 с испарительной секцией 4, которая через гидрозатвор 29 по жидкости со-

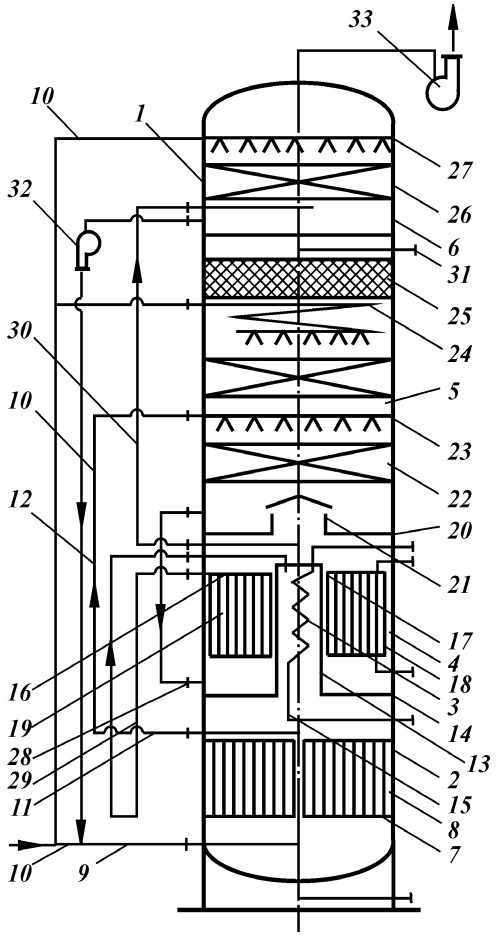


Рис. 3.3. Регенератор абсорбента:
1 – корпус; секции: 2 – рекуперативно-теплообменная, 3 – вторичной отпарки, 4 – испарительная, 5 – ректификационная, 6 – вакуумно-кондиционная; 7 – трубные решетки; 8 – трубы; 9, 10 – труба с линией насыщенного абсорбента; 11, 12 – труба с линией подогретого насыщенного абсорбента; 13 – обечайка; 14 – диск; 15 – нагреватель; 16 – кольцевые решетки; 17, 18 – внутренняя и наружная обечайки; 19 – пучок труб; 20 – тарелка; 21 – патрубок для выхода паров; 22 – насадка; 23 – раздаточное устройство; 24 – дефлегматор; 25 – сепарационное устройство; 26 – насадка; 27 – орошающее устройство; 28, 30 – труба по жидкости и пару; 29 – гидрозатвор; 31 – штуцер; 32, 33 – вакуум-насос

единена с секцией вторичной отпарки 3, верх которой сообщен по пару трубой 30 с вакуумно-конденсационной секцией 6.

Регенератор работает следующим образом.

Насыщенный абсорбент по линии 10 подают в межтрубное пространство рекуперативно-теплообменной секции 2, откуда подогретым регенерированным абсорбентом, поступающим в трубное пространство из секции вторичной отпарки 3, подают по трубе 12 через раздаточное устройство 23 на нижнюю насадку 22 в ректификационную секцию 5. На верхнюю насадку 22 этой секции через дефлегматор 24 и раздаточное устройство 23 по линии 10 подают насыщенный абсорбент вместе со стекающей с дефлегматора 24 влагой. Частично регенерированный абсорбент поступает на тарелку 20, откуда он по трубе 28 перетекает в низ испарительной секции 4, омывая снаружи секцию вторичной отпарки 3. При этом происходит частичный ее обогрев абсорбентом, находящимся в испарительной секции; дополнительно обогревают секцию вторичной отпарки паровым нагревателем 15, размещенным внутри секции. Это способствует более интенсивному испарению абсорбента, поступающего в нее через гидрозатвор 29 из испарительной секции 4. Испарительную секцию нагревают водяным паром, поступающим в межтрубное пространство. Пары из испарительной секции 4 через отверстие в тарелке 20 поступают в ректификационную секцию 5, где в противотоке контактируют на орошаемых насадках 22 с насыщенным абсорбентом. Отсепарированные в сепарационном устройстве 25 пары отводятся из ректификационной секции 5 через штуцер 31 на холодильник-конденсатор. Пары из секции вторичной отпарки 3 по трубе 30 подаются под насадку 26 вакуумно-конденсационной секции 6, где с помощью орошения насадки 6 холодным насыщенным абсорбентом, подаваемым по трубе 11, конденсируются, снижая давление, и отводятся вакуум-насосом 32 в линию насыщенного абсорбента 10. Пары воды из секции 6 отсасываются вакуум-насосом 33 и сбрасываются в атмосферу.

Окончательно регенерированный абсорбент стекает из секции вторичной отпарки 3 в трубное пространство рекуперативно-теплообменной секции 2 и охлажденный насыщенным абсорбентом, поступающим по трубе 9, отводится из нижней части аппарата.

Эффективность

Предложенный регенератор абсорбента позволяет получить высококонцентрированный (абсолютированный) абсорбент, с

помощью которого можно осушать природные и нефтяные газы с большой депрессией по начальной и конечной температуре точки росы и до точек росы минус 40 – минус 100 °С без применения абсорбционных установок, работающих циклически и имеющих значительный перепад давления. Предложенный регенератор для установок осушки с высокой начальной температурой газа дает возможность отказаться от больших затрат на предварительное охлаждение этого газа.

По сравнению с адсорбционным способом процесс глубокой осушки газа высококонцентрированным абсорбентом (гликолем) по капитальным вложениям ниже на 20 %, энергозатраты втрое меньше, а себестоимость осушки меньше на 30 %.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 990276, БИ № 3, 1983 (Авторы: Г.К. Зиберт, А.Е. Акав, А.Г. Ярмизин, Ю.А. Кащицкий, Б.А. Кузьмин).

3.2.3. ИСПАРИТЕЛЬ ЖИДКОСТИ

Краткое описание

Предложенный испаритель жидкости (рис. 3.4) используется в регенераторах гликоля, метанола, огневых и паровых подогревателях или испарителях жидких углеводородов.

Испаритель жидкости работает следующим образом.

Сырье в виде жидкостного потока подают через штуцер 2 в приемный карман 18, откуда оно через распределители 14 жидкости поступает в верхний отсек 12, при этом жидкость контактирует с поднимающимся газом, отпаренным из этой жидкости теплоносителем, который подают через штуцер 7, и охлажденный теплоноситель отводят через штуцер 8. Отпаренная жидкость (поднимающимися парами и теплом от греющих элементов) отбирается с нижней части отсека и подается через распределители 14 жидкости на отпарку в нижерасположенный отсек, где температура выше. Далее процесс повто-

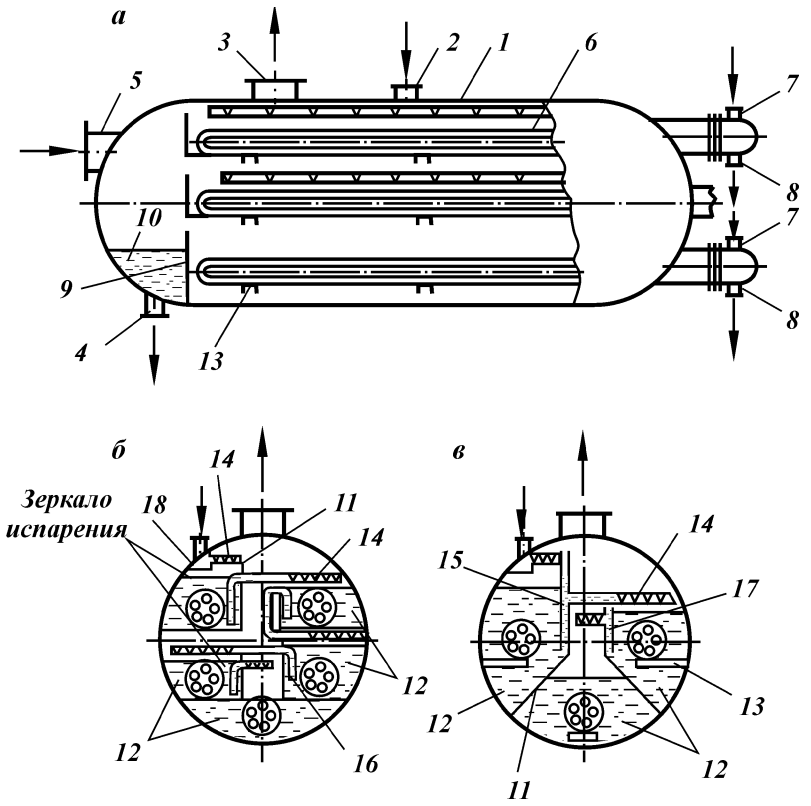


Рис. 3.4. Испаритель жидкости:
‡ – общий вид; · – аппарат с переточными трубами; , – аппарат с переточными каналами.
1 – корпус; штуцера: 2 – подачи сырья, 3 – выхода газа, 4 – выхода остатка; 7, 8 – подачи и выхода теплоносителя; 5 – люк-лаз; 6, 13 – греющие элементы; 9 – переточная перегородка; 10 – отсек отбора остатка; 11 – продольные перегородки; 12 – отсек; 14 – распределитель жидкости; 15 – переточные каналы, 16 – трубы; 17 – перегородки; 18 – приемный карман

ряется, пока жидкость не поступит в нижерасположенный отсек 12. С нижнего отсека, где температура максимальная, остаток переливается через переточную перегородку 9 в отсек 10 отбора остатка. По мере наполнения отсека 10 остаток по уровню сбрасывают через штуцер 4. Поднимающиеся пары из каждого отсека 12 после контакта с жидкостью (которая поступает из распределителей 14) собираются в верхней части корпуса 1, откуда отводятся через штуцер выхода паров 3.

Эффективность

Предложенный испаритель жидкости позволяет повысить производительность оборудования за счет размещения греющих элементов испарителя по всему сечению аппарата, увеличения общей поверхности испарения (более чем максимальное продольное сечение испарителя). Кроме того, увеличивается эффективность разделения за счет противоточного контакта поднимающихся паров стекающей распределительной жидкости, т.е. перехода от однократного испарения к противоточной системе отпарки.

Чистка аппарата упрощается, так как достаточно очистить от солей и примесей пучок одного нижнего отсека. Снижаются капитальные затраты, так как многократная отпарка производится в одном аппарате, а не в нескольких, что обеспечивает снижение энергетических затрат за счет исключения гидравлических потерь, которые обычно максимальны в трубопроводной обвязке между аппаратами, снижения потерь тепла в окружающую среду и увеличения поверхности испарения жидкости, повышения единичной производительности оборудования. Техническое решение использовано для модернизации существующих испарителей.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1489797, БИ № 24, 1989 (Авторы: Г.К. Зиберт, А.Л. Халиф, Е.Н. Туревский).

3.2.4. ТЕПЛООБМЕННИК-ИСПАРИТЕЛЬ

Краткое описание

Предложенный теплообменник-испаритель (рис. 3.5) относится к аппаратам для охлаждения газов и испарения жидкостей или отпарным блокам установок подготовки и переработки газов.

Теплообменник работает следующим образом.

Теплоноситель через патрубок 3 входит внутрь теплообменных трубок пучка 2 и выходит охлажденным через патрубок 4,

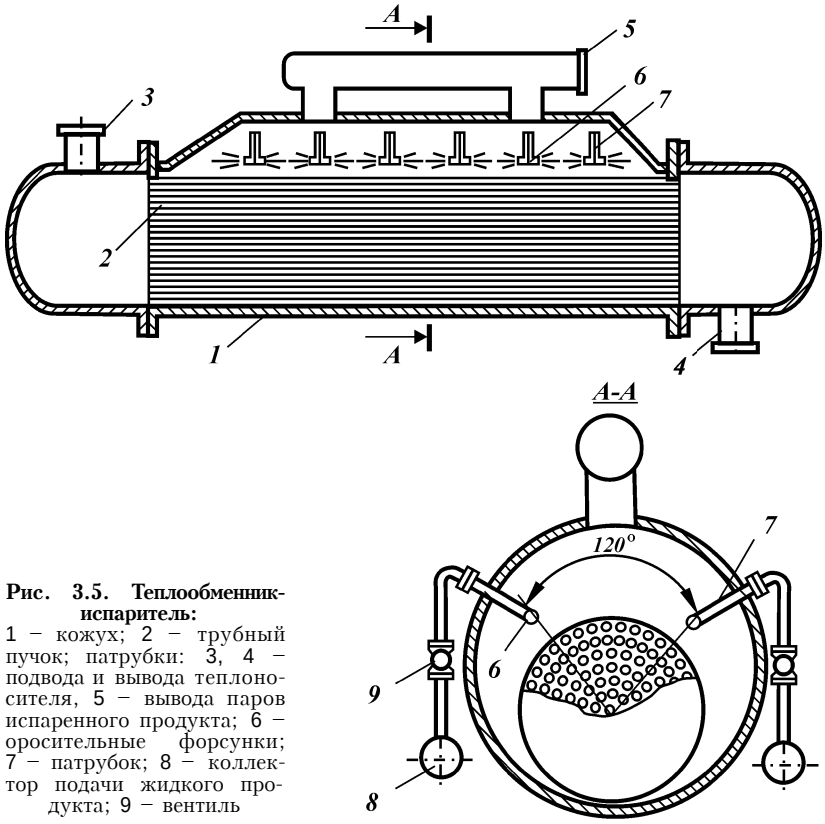


Рис. 3.5. Теплообменник-испаритель:
1 – кожух; 2 – трубный пучок; патрубки: 3, 4 – подвода и вывода теплоносителя, 5 – вывода паров испаренного продукта; 6 – оросительные форсунки; 7 – патрубок; 8 – коллектор подачи жидкого продукта; 9 – вентиль

отдавая тепло испаряемому на поверхности теплообменных трубок жидкому продукту, подаваемому внутрь кожуха 1 из коллектора 8 через патрубки 7 и распыляемому над трубным пучком с помощью форсунок 6.

Дросселирование и распыл жидкости происходит на форсунке, а гашение кинетической энергии струи жидкости – при столкновении струй жидкости с поверхностью теплообменных труб. Капли жидкости, образовавшиеся при столкновении струй, равномерно осаждаются на поверхности теплообменных труб и на поверхности пены, образующейся в результате кипения жидкости, способствуя ее разрушению. Расход жидкости регулируют с целью предотвращения переполнения теплообменника запорными устройствами 9 (вентили либо клапаны), установленными вне кожуха аппарата на выходе патрубков 7 из коллектора испаряемой жидкости 8.

Эффективность

Предложенная конструкция теплообменника-испарителя позволяет исключить парообразование в жидкости до форсунок и обеспечить равномерное распределение жидкости по поверхности теплообменных труб, избежать пенообразования, выноса неиспаряемой жидкости в патрубки выхода паров и эрозионного износа наружной поверхности теплообменных труб и, кроме того, исключить изгибающий момент в месте закрепления патрубков в кожухе, что повышает эффективность и эксплуатационную надежность теплообменника-испарителя.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 1666914, БИ № 28, 1991 (Авторы: В.В. Андреевский, Г.К. Зиберт, М.П. Игнатьев, А.А. Захаров, В.Ф. Бочкарь, А.П. Литвиненко, В.Н. Клейменов).

3.2.5. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ИСПАРИТЕЛЬ

Краткое описание

Предложенный горизонтальный испаритель (рис. 3.6) относится к аппаратам для охлаждения газов и испарения жидкости или отпарным блокам установок подготовки и переработки газов.

Горизонтальный испаритель состоит из корпуса 1, внутри которого размещены трубный пучок 2, патрубки подвода 3 и отвода 4 теплоносителя, патрубки отвода паров и испаренного продукта 5, патрубки ввода испаряемого жидкого продукта 6 из коллектора 7 и перегородки 8, выполненные из гибкого пружинящего материала, например, проволочной сетки, и размещенные между корпусом и трубным пучком по всей его длине, в пространстве, ограниченном с одной стороны внутренней поверхностью кожуха, а с другой – боковой поверхностью трубного пучка, с уклоном в сторону трубного пучка. Перегородки закреплены на трубном пучке (на трубных пучках) на шарнирах 9 и в месте крепления подпружинены пружинами 10.

Теплообменник работает следующим образом.

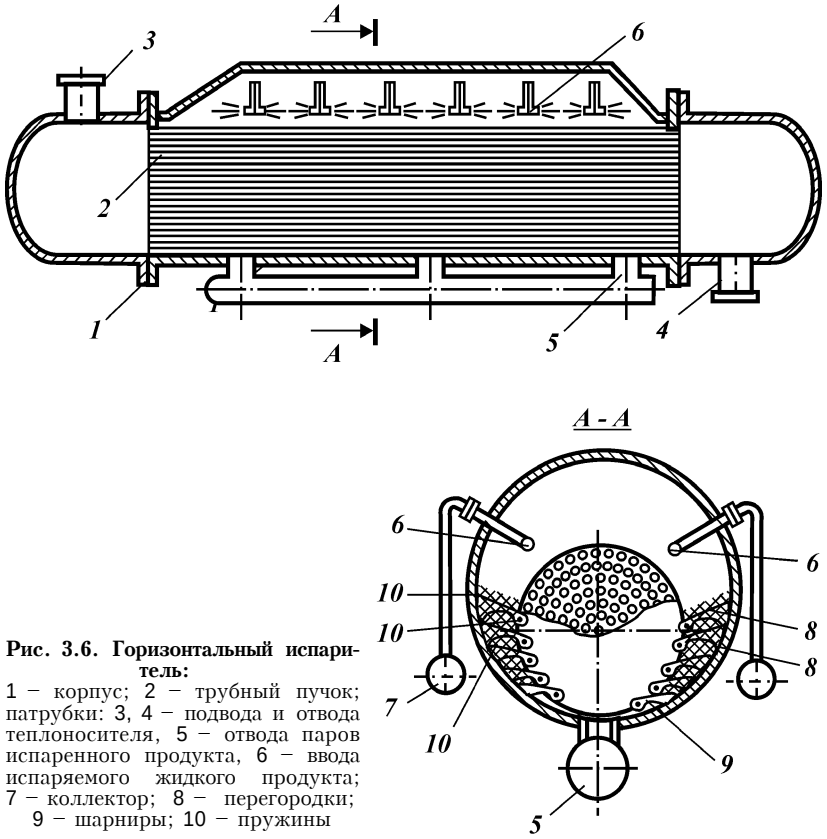


Рис. 3.6. Горизонтальный испаритель:
1 – корпус; 2 – трубный пучок; патрубки: 3, 4 – подвода и отвода теплоносителя, 5 – отвода паров испаренного продукта, 6 – ввода испаряемого жидкого продукта; 7 – коллектор; 8 – перегородки; 9 – шарниры; 10 – пружины

Теплоноситель через патрубок 3 входит внутрь теплообменных трубок 2 и выходит охлажденным через патрубок 4, отдавая тепло испаряемому на поверхности теплообменных трубок жидкому продукту, который подается внутрь корпуса 1 из коллектора 7 через патрубки 6. Жидкость из патрубков 6 вводится внутрь корпуса 1 на пучок 2 и перегородки 8 и под действием гравитационных или гидродинамических сил движущихся в направлении патрубка выхода 5 паров испаряемой жидкости увлекается на трубки трубного пучка с каждой перегородки или с каждого звена проволочной сетки (в случае, если перегородки выполнены из проволочной сетки), равномерно смачивает наружную теплообменную поверхность трубок, обеспечивая пленочное испарение жидкости в теплообменных трубках. Если жидкость подается в корпус под перегородки, а пары

выходят через верхние патрубки, то образовавшиеся в результате кипения пары жидкости, встречая сопротивление своему движению (перегородки 8), движутся только через трубный пучок, перемешивая и увлекая за собой невыкипевшую жидкость и удерживая ее на трубках теплообменного пучка, препятствуя ее стеканию вниз и способствуя ее полному выкипанию, а пружины при этом плотно прижимают перегородки друг к другу и к корпусу аппарата, увеличивая гидродинамическое сопротивление движению испаряемой среды мимо трубок трубного пучка.

Эффективность

Предложенная конструкция горизонтального испарителя, исключая движение испаряемой жидкости и ее паров мимо трубного пучка, позволяет обеспечить интенсивное пленочное испарение жидкости на всех трубках пучка, независимо от высоты их положения в трубном пучке. Это дает возможность увеличить средний по пучку коэффициент теплопередачи с поверхности теплообменных труб, исключить накопление невыкипевшей жидкости в нижней части кожуха и затопление теплообменной поверхности нижних рядов труб, что позволяет повысить эффективность работы испарителя. Кроме этого отпадает необходимость в периодических нарушениях режима работы испарителя для вывода невыкипевшей жидкости, что повышает надежность его работы.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар, Вуктыльское газопромысловое управление.

Литература

Авторское свидетельство № 1763838, БИ № 35, 1992 (Авторы: В.В. Андреевский, Н.И. Корсаков, И.В. Дубиновский, А.А. Захаров, М.П. Игнатьев, Г.К. Зиберт).

ê‡Á‰ÂÎ 4

ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ АДСОРБЦИОННОЙ ОСУШКЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА

4.1. СПОСОБ АДСОРБЦИОННОЙ ОСУШКИ ГАЗА

Краткое описание

Предложенный способ относится к способам адсорбционной осушки углеводородных и инертных газов, воздуха с помощью сорбентов.

Он был опробован в реальных условиях.

На рис. 4.1 изображена технологическая схема установки адсорбционной осушки газа.

Установка состоит из адсорбера 1, работающего в режиме адсорбции, со штуцерами подачи сырого газа 2, выхода осушенного газа 3 и с размещенным в нем слоем сорбента 4, адсорбера 1′, работающего в режиме регенерации, со штуцером подачи осушенного подогретого газа 3′ и штуцером выхода насыщенного потока газа 2′ и подогревателя осушенного газа 5.

Способ осушки газа реализуется следующим образом.

Сырой углеводородный газ при рабочих давлениях 1,6–4,6 МПа и температуре газа 4–10 °С подают в адсорбер 1 через штуцер подачи 2 и направляют в слой сорбента 4, выполненный из сополимера стирола и дивинилбензола с насыпной плотностью 0,45–0,55 г/см^3, поры которого предварительно насыщены до 30–35 % объема полиэфиром. Размер гранул сорбента 0,8–0,9 мм. Линейная скорость подачи газа 0,15–0,2 м/с. Контакт газа с сорбентом ведут при температуре газа 40 °С. Осушенный газ с точкой росы от минус 37,5 до минус 43 °С (в пересчете на давление 55 атм) отводят с низа адсорбера 1 через штуцер выхода осушенного газа 3 в качестве готового продукта. Продолжительность цикла адсорбции от 20 до 40 часов. После чего переходят на режим регенерации. Регенерацию сорбента проводят при температуре 120–80 °С

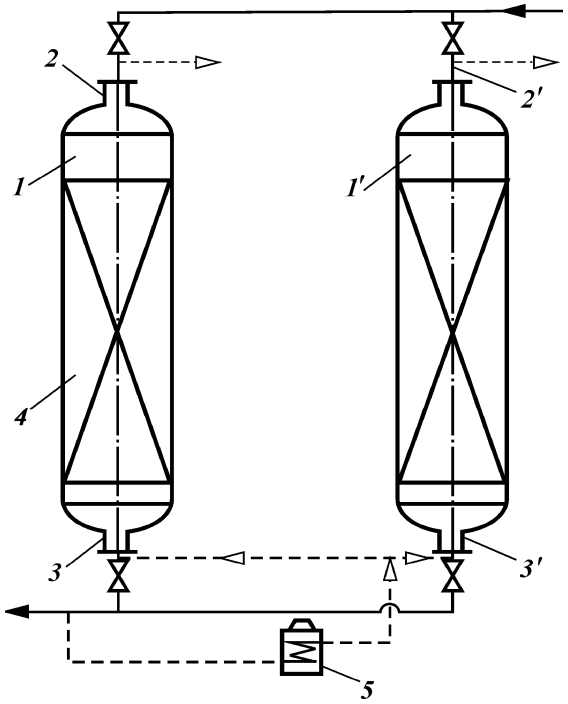


Рис. 4.1. Способ адсорбционной осушки газа:
1 – адсорбер; 2 – штуцер подачи сырого газа; 3 – штуцер выхода осушенного газа; 4 – слой адсорбента; 5 – подогреватель осушенного газа; 1′ – адсорбер, работающий в режиме регенерации; 2′ – штуцер выхода насыщенного потока газа; 3′ – штуцер подачи осушенного подогретого газа

осушенным газом или регенерированным полиэфиром при температуре абсорбции в адсорбере 1′, работающем в режиме регенерации, для чего прекращают подачу в адсорбер 1′ сырого углеводородного газа через штуцер 2′ и подают осушенный и подогретый в подогревателе осушенного газа 5 газ через штуцер 3′. Насыщенный поток выводят через штуцер 2′. После регенерации сорбента пропускают через него сырой газ, который в адсорбер 1′ подают через штуцер 2′, переключая тем самым адсорбер 1′ в режим адсорбции. Подобным образом осуществляют, при необходимости, регенерацию в адсорбере 1, который параллельно подключен к адсорберу 1′. Регенерацию можно проводить регенерированным полиэфиром, например, с концентрацией, равной 99 % (по массе), который подают на сорбент при температуре абсорбции.

Эффективность

Предложенный способ адсорбционной осушки газа позволяет повысить экономичность процесса осушки газа за счет увеличения влагоемкости сорбента (сорбционная емкость используемого сорбента составляет 40–50 %) и понижения температуры его регенерации и увеличить срок службы сорбента до 3–5 лет за счет меньшего его испарения и более низких температур регенерации, исключающих закоксовывание пор.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2144419, БИ № 2, 2000 (Авторы: Г.К. Зиберт, Е.П. Запорожец, А.Д. Седых, Н.И. Кабанов, Т.В. Гриневич, А.А. Соловьянов, В.В. Якшин, Н.А. Царенко).

4.2. СПОСОБ МАССООБМЕНА

Краткое описание

Предложенный способ относится к массообменным процессам, при которых происходит поглощение компонентов из газов или растворов твердым поглотителем-адсорбентом, и включает подачу в адсорбент газа или раствора, поглощение адсорбентом компонента из подаваемого газа или раствора, создание в адсорбенте энергией электрического поля областей с высоким и низким содержанием поглощенного компонента и удаление последнего из области с высоким его содержанием, при этом подача газа или раствора производится в область с низким содержанием поглощенного компонента.

На рис. 4.2, ‡, ·, ,, „, ‰ представлены схемы аппаратов, реализующих предложенный способ.

Схемы аппаратов включают корпус 1, внутри которого помещают адсорбент 2 между электродами: анодом 3 и катодом 4, при этом анод 3 может быть полым (рис. 4.2, ‡) или решетчатым (рис. 4.2, ·–‰), а между корпусом и электродами 3 и 4 находятся полости 5 (рис. 4.2, ·, „, ‰) для удаляемого компонента. Аппараты, схематично изображенные на рис. 4.2, ·–‰,

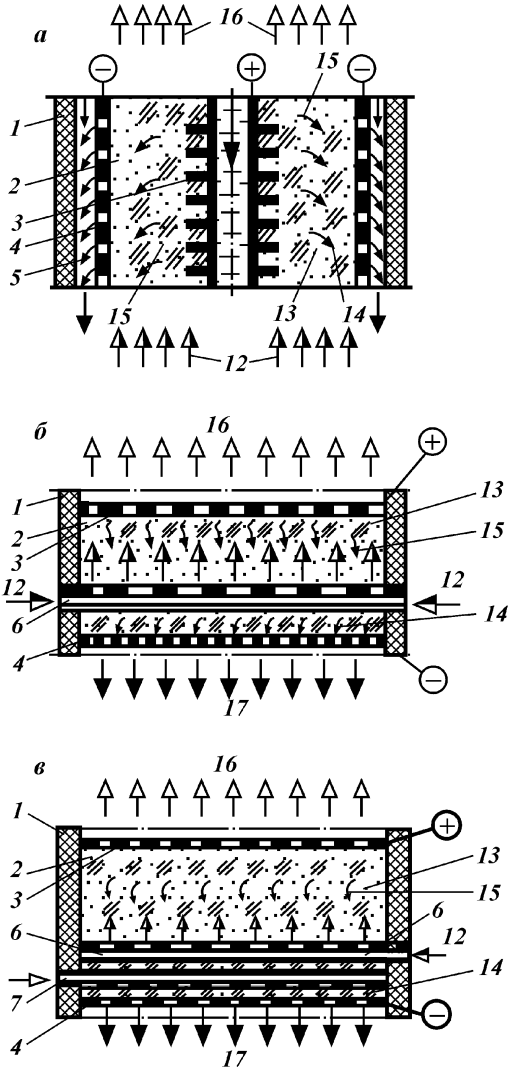
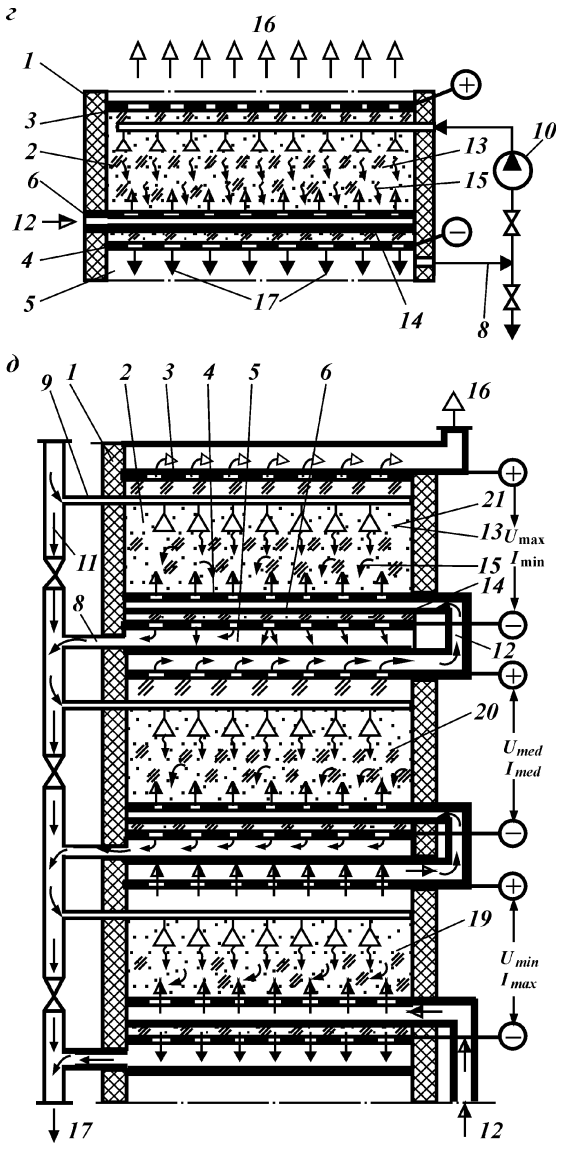


Рис. 4.2. Схемы аппаратов, реализующих способ массообмена:
1 – корпус аппарата; 2 – адсорбент; 3 – анод; 4 – катод; 5 – полость для удаляемого компонента; патрубки: 6 – для подачи газа, 7 – для подачи газа, не содержащего компонент, 8 – вывода удаляемого компонента, 9 – для подачи удаляемого компонента; 10 – устройство для нагнетания удаляемого компонента; 11 – коллектор; 12 – поток газа или раствора; 13 – область с низким содержанием поглощаемого компонента; 14 – область с высоким содержанием поглощаемого компонента; 15 – молекулы поглощаемого компонента; 16 – очищенный компонент; 17 – удаляемый водный компонент; 18 – поток газа или раствора; 19–21 – слои адсорбента


г
16
1
3
2
6
12
4
5
17
14
8
13
15
10
д
9
1
2
3
4
5
6
16
21
13
11
15
14
8
12
20
19
17
12
U_{max}
I_{min}
U_{med}
I_{med}
U_{min}
I_{max}

содержат патрубки 6 для подачи газа; на рис. 4.2, , – патрубок 7 для подачи газа, не содержащего компонент; на рис. 4.2, ‰ – патрубок 8 вывода удаляемого компонента и патрубок 9 для подачи удаляемого компонента; аппарат (рис. 4.2, „) снабжен устройством 10 для нагнетания удаляемого компонента; аппарат (рис. 4.2, ‰) снабжен коллектором 11.

Способ осуществляется следующим образом.

Через слой адсорбента 2, заключенный между электродами (анодом 3 и катодом 4), пропускают поток 12 газа или раствора, содержащего молекулы поглощаемого компонента 15, которые захватываются адсорбентом 2 и осаждаются на его твердой поверхности. На твердой поверхности осажденные молекулы поглощаемого компонента 15 поляризуются от взаимодействия соприкасающихся фаз и избыточной поверхностной энергии адсорбента, образуя вертикально поляризованные молекулы поглощаемого компонента 15. Твердая поверхность адсорбента под вертикально поляризованными молекулами поглощаемого компонента 15 приобретает электрический заряд противоположного ей знака, но равный по величине. В результате на поверхности адсорбента возникает двойной слой вертикально поляризованных молекул поглощаемого компонента 15, обусловливающий электроповерхностное явление – перемещение по твердой поверхности адсорбента вертикально поляризованных молекул поглощаемого компонента 15 под действием энергии электрического поля, создаваемого между электродами 3 и 4, при увеличении напряжения и уменьшении силы тока. Перемещение вертикально поляризованных молекул поглощаемого компонента 15 происходит в сторону одного из электродов (катода 4). При этом в адсорбенте создается область с низким содержанием поглощаемого компонента 13 у одного электрода (анода 3) и область с высоким содержанием поглощаемого компонента 14 у другого электрода (катода 4). Приближаясь к катоду, вертикально поляризованные молекулы поглощаемого компонента 15 постепенно теряют свою вертикальную поляризацию относительно поверхности адсорбента и сильней поляризуются горизонтально относительно анода и катода. Связь между твердой поверхностью адсорбента и горизонтально поляризованными молекулами поглощаемого компонента 15 при этом ослабляется и над двойным слоем горизонтально поляризованных молекул образуются дополнительные слои молекул поглощаемого компонента 15, горизонтально поляризованных относительно электродов 3 и 4, число которых возрастает над твердой поверхностью адсорбента по мере продвижения молекул поглощаемого компонента 15 к катоду 4. При

этом непосредственно у катода 4 количество молекулярных слоев поглощенного компонента 15 достигает такой величины, что молекулы поглощенного компонента 15 покидают адсорбент. Поглощаемый компонент 15 удаляют из области 14 через решетчатый электрод 4 (катод) в полость 5.

Эффективность

Использование предложенного способа позволяет повысить эффективность путем уменьшения времени на регенерацию адсорбента, снижения энергозатрат и повышения экологичности процесса массообмена.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2132221, БИ № 18, 1999 (Авторы: Г.К. Зиберт, Е.П. Запорожец, Л.П. Холпанов, Е.Е. Запорожец, Е.М. Хейккинен, Б.П. Шулекин).

ê‡Á‰ÂÎ 5

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПРОЦЕССАХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

5.1. ТЕХНОЛОГИИ

5.1.1. СПОСОБ ПОДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА К ТРАНСПОРТУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНГИБИТОРА ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ

Краткое описание

Предложенный способ предназначен для подготовки природного или попутного нефтяного газа к транспорту и включает в себя ступенчатую сепарацию, охлаждение газового потока между ступенями сепарации, введение ингибитора гидратообразования, выведение из сепараторов жидкой фазы, разделение ее на углеводородную и водную фазы и направление водной фазы последней ступени сепарации в поток газа.

На рис. 5.1 представлена схема установки, реализующей предложенный способ.

В качестве ингибитора гидратообразования используют летучее водорастворимое органическое вещество, например метанол, этанол, ацетон, эфироальдегидную фракцию и др.

Организация процесса предусматривает:

а) фракционирование водного раствора ингибитора гидратообразования на контактных ступенях первой ступени сепарации с газовым потоком в количестве, обеспечивающем массовое соотношение жидкости к газу L/G = 0,0007–0,007. В качестве водного раствора ингибитора используют водную фракцию, выделенную на второй (низкотемпературной) ступени сепарации, в которую добавляют свежий ингибитор;

б) разделение газового потока перед каждой ступенью контакта на два потока, одним из которых производят фракцио-

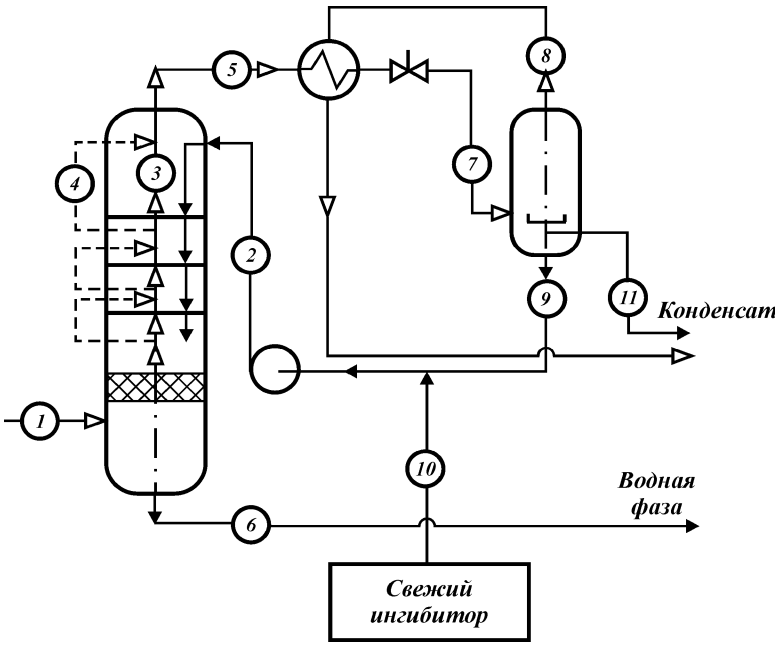


Рис. 5.1. Технологическая схема подготовки природного газа к транспорту с использованием ингибитора гидратообразования

нирование водного раствора, и объединение двух потоков после каждой ступени контакта.

Способ осуществляется следующим образом.

Углеводородный газ (поток *1*) с температурой 15–45 °С и давлением 9–13 МПа подают на первую ступень сепарации, где отделяют от газовой фазы воду и конденсат. Затем на контактных ступенях на первой ступени сепарации производят отдувку и насыщение газа ингибитором гидратообразования. Водный раствор (поток *2*) до подачи на отдувку фракционируют на контактных ступенях первой ступени сепарации газовым потоком *1* в количестве, обеспечивающем массовое соотношение жидкости к газу L/G = 0,0007–0,007, при этом газовый поток *1* разделяют перед каждой ступенью контакта на два потока, одним из которых производят фракционирование водного раствора (поток *2*), после каждой ступени контакта газ объединяют.

Водный раствор (поток *2*) представляет собой – 51,3%-ный (по массе) раствор ингибитора.

На первой ступени сепарации отделяют газовую фазу

(поток *5*) от водной (поток *6*). Концентрация ингибитора в низкоконцентрированном водном растворе (поток *6*), отделяемом на первой ступени сепарации, составляет 0,025 % (по массе), что отвечает требованиям экологии для подачи водного раствора в систему промстоков.

После последней ступени контакта объединяют газовую фазу (поток *3*), концентрация ингибитора в которой 79,7 % (по массе), с байпасированным потоком газа (поток *4*). Этим обеспечивается концентрация ингибитора в газовом потоке (поток *5*), равная 68,5 % (по массе).

Такая концентрация позволяет исключить гидратообразование, которое может возникнуть после охлаждения газового потока при существующих термодинамических параметрах установки. Для предупреждения гидратообразования на этом участке концентрация ингибитора должна быть не менее 55 % (по массе). Охлажденный поток газа *7* направляют на вторую ступень – низкотемпературную сепарацию.

Термодинамические условия в низкотемпературном сепараторе следующие: температура от −15 до −25 °С, давление 7–9 МПа. Отсепарированный и охлажденный сухой газовый поток *8*, полученный после низкотемпературной сепарации, используют для охлаждения газового потока (поток *5*) и направляют в газопровод. Водную фазу (поток *9*), концентрация ингибитора в которой 28,2 % (по массе), со второй ступени сепарации обогащают свежим ингибитором гидратообразования (поток *10*) до концентрации 51,3 % (по массе) и полученный водный раствор направляют на контакт с газом в первую ступень сепарации (поток *2*), а углеводородную жидкость со второй ступени сепарации (поток *11*) – в конденсатопровод.

Способ предлагает многократное (циклическое) использование водной фазы второй ступени сепарации, содержащей ингибитор гидратообразования. Необходимую концентрацию ингибитора гидратообразования в водной фазе, направляемой на первую ступень сепарации, обеспечивают, добавляя свежий ингибитор гидратообразования. Необходимость в добавлении свежего ингибитора связана с компенсацией уноса его с газом и конденсатом.

Эффективность

Предложенный процесс позволяет снизить расход и концентрацию свежего ингибитора и осуществить непосредственную подачу газа с необходимым содержанием в нем ингибитора гидратообразования на низкотемпературную сепарацию.

Данный способ подготовки углеводородного газа нашел свое применение на УКПГ-2 Уренгойского месторождения.

Разработчик

ДАО ЦКБН РАО "Газпром" (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

Литература

Патент РФ № 2117854, БИ № 23, 1998 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.Э. Ибрагимов).

5.1.2. СПОСОБ ПОДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА К ТРАНСПОРТУ

Краткое описание

Предложенный способ предназначен для подготовки природного газа к транспорту путем выделения из него воды и углеводородного конденсата.

Принципиальная технологическая схема этого способа изображена на рис. 5.2.

Способ подготовки природного газа к транспорту включает ступенчатую сепарацию, охлаждение газа между ступенями сепарации, дегазацию и охлаждение нестабильного конденсата, полученного после каждой ступени сепарации, и противоточное контактирование конденсата со всех ступеней сепарации с отсепарированным газом в верхней зоне сепаратора последней ступени сепарации.

Предложенный способ осуществляется следующим образом.

Исходный газ подают в сепаратор *1*, где при давлении 13,3 МПа и температуре 21 °С происходит отделение механических примесей и жидкости (конденсат и вода).

Газ из сепаратора *1* охлаждают в рекуперативном теплообменнике *2* потоком газа из сепаратора-абсорбера *3* до температуры −12 °С. Затем его дросселируют в штуцер *4*, газ при этом охлаждается до температуры −30 °С.

Жидкую фазу из сепаратора *1* дросселируют на штуцере *5* до давления 8 МПа и направляют в трехфазный разделитель *6*, где при давлении 8 МПа и температуре 14 °С происходит разделение фаз. Жидкую фазу из трехфазного разделителя (выветренный углеводородный конденсат) охлаждают в тепло-

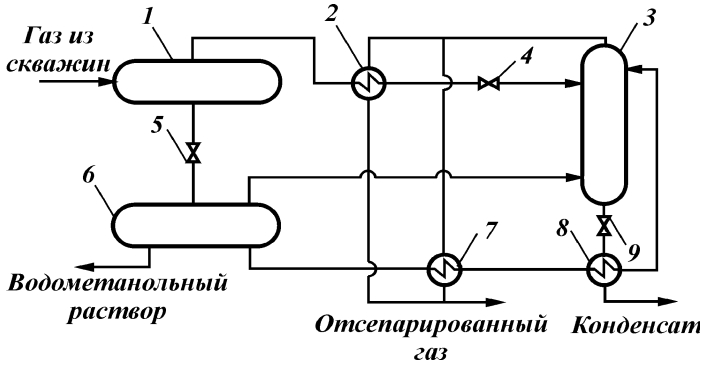


Рис. 5.2. Технологическая схема подготовки природного газа к транспорту:
1 – сепаратор; *2* – рекуперативный теплообменник; *3* – сепаратор-абсорбер; *4, 5, 9* – штуцера; *6* – фазный разделитель; *7, 8* – теплообменники

обменниках *7* и *8* и направляют в качестве абсорбента на орошение в верхнюю часть сепаратора-абсорбера *3*. Газ дегазации из трехфазного разделителя *6* подают в нижнюю часть сепаратора-абсорбера.

Режим в сепараторе-абсорбере следующий: давление 7,8 МПа, температура минус 26–30 °С.

В сепарационной зоне из газа выделяют жидкую фазу, сконденсировавшуюся при охлаждении в рекуперативном теплообменнике *3* и дросселировании на штуцере *4*.

В абсорбционной зоне аппарата *3* из газа извлекают дополнительное количество углеводородов за счет орошения предварительно охлажденным углеводородным конденсатом, полученным в трехфазном разделителе *6*. В отпаривающей зоне (нижняя часть аппарата *3*) в нестабильный конденсат противотоком подают газ дегазации из разделителя *6*. При этом из нестабильного конденсата вследствие тепло- и массообмена при барботаже теплым газом дегазации выделяют часть легких компонентов (азот, метан, этан). Дегазированный углеводородный конденсат (насыщенный абсорбент), выходящий из аппарата *3*, дросселируют на штуцере *9*, нагревают в теплообменнике *8* потоком конденсата из трехфазного разделителя *6* и подают на установку стабилизации конденсата.

Эффективность

Эффективность предложенного способа подготовки природного газа к транспорту достигается за счет снижения энерго-

затрат и уменьшения соединения легких компонентов в нестабильном конденсате.

Разработчик

ВНИИГаз (142717, Московская обл., Ленинский район, пос. Развилка).

Литература

Авторское свидетельство № 1245826, БИ № 27, 1986 (Авторы: Т.М. Бекиров, Б.Г. Берго, А.С. Мелков, Е.Н. Туревский, В.И. Елистратов, Г.К. Зиберт).

5.1.3. СПОСОБ ПОДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА К ТРАНСПОРТУ

Краткое описание

В предложенном способе подготовки природного газа к транспорту его обрабатывают органическим поглотителем при перепаде давления между первой и второй ступенями сепарации, равном 1,0–1,5 МПа. При этом в качестве поглотителя используют диэтиленгликоль и углеводородную фракцию с температурой начала кипения 280–350 °С, а процесс ведут в противотоке между двумя изолированными потоками поглотителей при удельном их расходе (10–100) л/1000 м^3 газа.

Выбранный числовой интервал перепада давлений обусловлен тем, что при перепаде давлений $\Delta p > 1{,}5$ МПа выполнение требований качества газа по ГОСТу обеспечивается с помощью процесса низкотемпературной сепарации (НТС). Подключение в этот период абсорбции невозможно по следующим причинам: снижается эффективность процесса НТС, так как подача абсорбента с температурой выше температуры абсорбируемого газа повышает температуру точки росы и температуру сепарации (т.е. ухудшается качество товарного газа, что приводит к нарушению теплового баланса стадии НТС); стадия углеводородной абсорбции неэффективна при подаче относительно теплового поглотителя в низкотемпературный сепаратор, так как качество товарного газа при абсорбции определяется термодинамическими параметрами на выходе из аппарата; резко снижается эффективность гликолевой осушки из-за большой вязкости концентрированного гликоля.

При включении дополнительной обработки с опозданием

(т.е. при перепаде давлений между ступенями сепарации меньше 1,0 МПа) ухудшается качество подаваемого в магистральный газопровод газа и теряется газовый конденсат – ценное углеводородное сырье.

Таким образом, перепад давлений в 1,0–1,5 МПа является необходимым условием эффективного осуществления стадий НТС и абсорбции и комбинированной системы качественной подготовки газа к транспорту в период исчерпания дроссель-эффекта.

Процесс подготовки газа к транспорту осуществляется следующим образом.

Газ, подготавливаемый к транспорту, подают в сепаратор первой ступени, где от него отделяют сконденсировавшуюся жидкость. Предварительно охладив его в рекуперативном холодильнике обратным потоком газа, выходящим из сепаратора-абсорбера, газ дросселируют и повторно отделяют сконденсировавшуюся жидкость в сепарационной части сепаратора-абсорбера. Затем газ поступает на стадию обработки в абсорбционную часть сепаратора-абсорбера, имеющего две секции, в первой по ходу секции газ осушается диэтиленгликолем (ДЭГ), а во второй – углеводородной фракцией с температурой начала кипения 280–350 °С из него извлекается газовый конденсат. Далее газ через рекуперативный теплообменник поступает в магистральный газопровод.

Расход поглотителя на обработку составляет (10–100) л / 1000 $м^3$ газа. Эту величину определили экспериментально, исходя из необходимой точки росы по углеводородам и содержания конденсата в газе, поступающем на абсорбцию.

Эффективность

Предложенный способ подготовки природного газа к транспорту позволяет значительно удешевить процесс, сократить потери углеводородного конденсата и повысить точку росы по углеводородам обрабатываемого газа.

Разработчик

ВНИИГаз (142717, Московская обл., Ленинский район, пос. Развилка).

Литература

Авторское свидетельство № 1066299, БИ № 48, 1984 (Авторы: Е.Н. Туревский, А.Е. Винокур, В.Г. Гореченков, Е.И. Черников, Л.В. Грипас, Г.К. Зиберт).

5.1.4. СПОСОБ ПОДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА К ТРАНСПОРТУ

Краткое описание

Способ предназначен для подготовки природного газа к транспорту путем выделения из него воды и углеводородного конденсата.

Схема подготовки природного газа к транспорту приведена на рис. 5.3.

Конденсат из сепаратора *1* дросселируют на клапан *6* и дегазируют в разделительной емкости *7*, откуда газ дегазации направляют в куб *8* абсорбера-сепаратора *5*, а углеводородный конденсат охлаждают в рекуперативном теплообменнике *9* и подают в качестве абсорбента в верхнюю массообменную секцию *10*.

Пластовый газ после сепаратора *1* и охлаждения в рекуперативных теплообменниках *2* и *3* расширяют в устройстве *4* и подают в абсорбер-сепаратор *5*, где разделяют в сепарационной секции *11* на газ, который подают в верхнюю массообменную секцию *10*, и конденсат, который направляют на орошение в нижнюю массообменную секцию *12*. Конденсат, выделенный в верхней *10* и нижней *12* массообменных секциях, нагревают потоками газа из сепаратора *1* и конденсата из разделительной емкости *7* соответственно в теплообменниках *3* и *9* и направляют в куб *8*, где его выветривают. Газ выветривания из куба *8* подают в нижнюю массообменную секцию *12*, а жидкий углеводородный продукт выводят из установки. Отсепарированный газ, прошедший обработку в абсорбере-сепараторе *5*, нагревают в теплообменнике *2* и подают в газопровод.

При отсутствии избыточной энергии газ из сепаратора *1* дополнительно охлаждают, используя холод, вырабатываемый холодильной установкой *13*.

Эффективность

Эффективность данного способа достигается за счет повышения степени извлечения из газа целевых компонентов $C_{3+в}$ и снижения газонасыщенности получаемого конденсата путем нагрева конденсата, полученного в верхней и нижней массообменных секциях сепаратора, потоком газа между ступенями сепарации и подачи его в куб сепаратора.

Способ предусматривает разделение исходной газоконден-

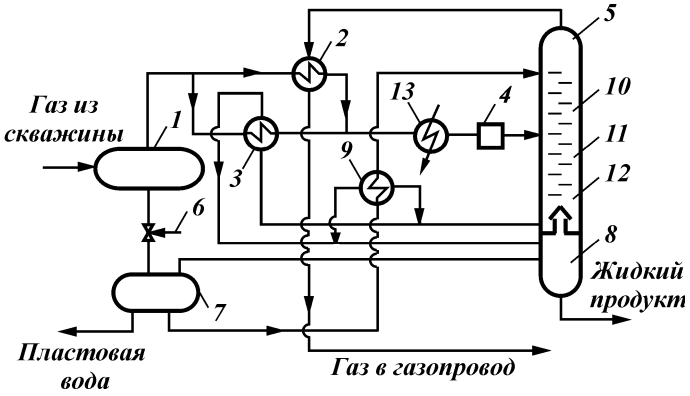


Рис. 5.3. Схема подготовки природного газа к транспорту:
1 – сепаратор; *2, 3, 9* – рекуперативные теплообменники; *4* – расширяющее устройство; *5* – абсорбер-сепаратор; *6* – дросселирующий клапан; *7* – разделительная емкость; *8* – куб абсорбера-сепаратора; *10* – верхняя массообменная секция; *11* – сепарационная секция; *12* – нижняя массообменная секция; *13* – холодильная установка

сатной смеси на газовую и жидкую фазы в абсорбере-сепараторе.

Предложенный способ подготовки природного газа к транспорту был внедрен на Ямбургском ГКМ.

Разработчик

ВНИИГаз (142717, Московская обл., Ленинский район, пос. Развилка).

Литература

Авторское свидетельство № 1318770, БИ № 23, 1987 (Авторы: А.С. Мелков, Е.Н. Туревский, В.И. Елистратов, Г.К. Зиберт, Д.Ц. Бахшиян, В.С. Юшина, Л.Г. Чикалова, С.Т. Пашин, Б.А. Сумский).

5.1.5. СПОСОБ СЕПАРАЦИИ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ

Краткое описание

Предложенный способ предназначен для разделения газожидкостной смеси.

На рис. 5.4 изображена схема устройства, в котором может быть осуществлен данный способ.

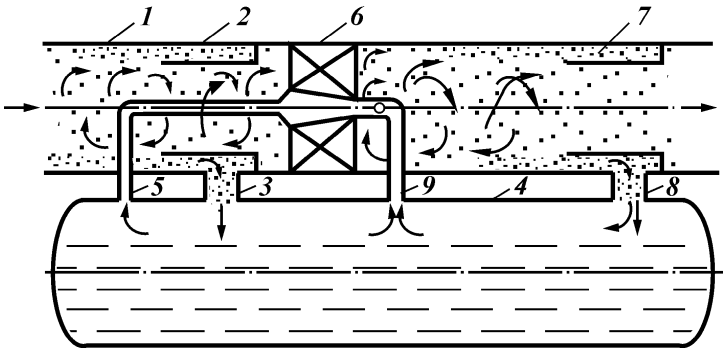


Рис. 5.4. Устройство для сепарации газожидкостной смеси:
1 – трубопровод для подачи газожидкостной смеси; *2, 7* – кольцевая щель; *3, 5, 8, 9* – патрубки; *4* – емкость; *6* – завихритель

В трубопровод *1* на разделение подают газожидкостную смесь. Перед закручиванием через кольцевую щель *2* и патрубок *3* отбирают часть газожидкостной смеси. Далее газ отделяют от жидкости в гравитационном поле емкости *4* и подают в зону пониженного давления после закручивания через патрубок *5*, где давление потока ниже, чем до закручивания. После закручивания в завихрителе *6* газожидкостный поток разделяется на центральный газовый с зоной пониженного давления и периферийный газожидкостный с зоной повышенного давления. Далее периферийный газожидкостный поток через кольцевую щель *7* и патрубок *8* отбирают и разделяют в гравитационном поле емкости *4*, и газ возвращают через патрубок *9* в основной газовый поток.

Эффективность

Предложенный способ сепарации газожидкостной смеси позволяет повысить эффективность очистки газа при увеличении производительности, поскольку повышение производительности по жидкости не вызывает резкого изменения остаточного содержания жидкости в газовом потоке после сепаратора. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН и внедрено в промышленность.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 1494936, БИ № 27, 1989 (Авторы: Г.К. Зиберт, С.И. Бойко).

5.2. СЕПАРАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

5.2.1. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ГАЗА ОТ ЖИДКОСТИ

Краткое описание

Предложенное устройство для отделения газа от жидкости может применяться в нефте- и газоперерабатывающей промышленности (рис. 5.5).

Устройство содержит корпус *1*, патрубок *2* для ввода смеси, патрубок *3* для вывода газа, для вывода жидкости патрубок *4*, каплеотбойник *5*, перегородку *6*, перфорированную перегородку *7* с отбортовками *8*, пластину *9*, прикрепленную к перегородке *7* под углом 90–150°, площадь которой превышает площадь каплеотбойника *5*.

Устройство работает следующим образом.

Газожидкостный поток поступает через патрубок *2* в корпус. Уровень жидкости выдерживается постоянным благодаря постоянному переливу через перегородку *6*. Газ с мелкодисперсной капельной жидкостью, не осевшей в результате гравитационного охлаждения, направляется к каплеотбойнику *5*, на котором происходит отделение капельной жидкости, после чего жидкость стекает вниз, а газ проходит через каплеотбойник *5* и выходит через патрубок *3*. При движении газового потока на поверхности жидкости происходит волнообразование и появляется пена, которая перемешивается с жидким и газовым потоками до отбортовки *8* перегородки *7*. При этом происходит торможение и разрушение пены и гашение волн жидкости перед входом в каплеотбойник *5*. Перегородка *6* отделяет поверхность жидкости от газового потока и не позволяет проникать пене и волнам к каплеотбойнику *5*. Газовый поток на пути к каплеотбойнику обтекает перегородку *7* со всех сторон. Жидкость, отделившаяся от газового потока на каплеотбойнике *5*, стекает на перегородку *7* и через отверстия стекает под перегородку, а затем перетекает через поперечную перегородку *6* и выводится через патрубок *4*.

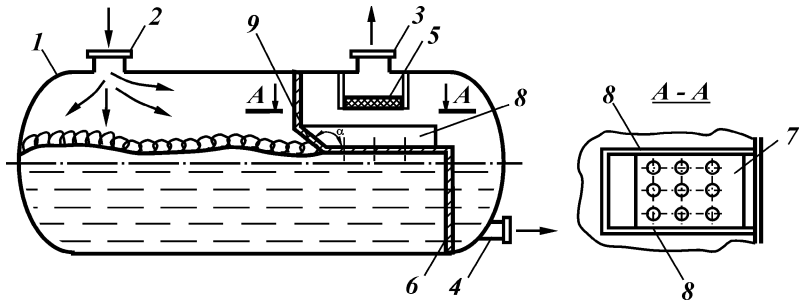


Рис. 5.5. Устройство для отделения газа от жидкости:
1 – корпус; патрубки: *2* – для ввода смеси, *3* – для вывода газа, *4* – для вывода жидкости; *5* – каплеотбойник; *6* – перегородка; *7* – перфорированная перегородка; *8* – отбортовки; *9* – пластина

Эффективность

Использование устройства предложенной конструкции снижает унос жидкой фазы газовым потоком на 50–70 % за счет ликвидации пены и волн под отбойником, а также за счет устранения пено- и волнообразования. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН и внедрено в промышленность.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 645674, БИ № 8, 1979 (Авторы: Л.М. Мильштейн, В.А. Лопатинский, В.Т. Шарков, М.Т. Каюмов, Г.К. Зиберт).

5.2.2. УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СМЕСЕЙ

Краткое описание

Предложенное устройство целесообразно применять для разделения газожидкостных смесей в случае затрудненного дегазирования и повышенного пенообразования.

Устройство (рис. 5.6) содержит горизонтальный корпус *1*, частично заполненный жидкостью, в верхней части которого

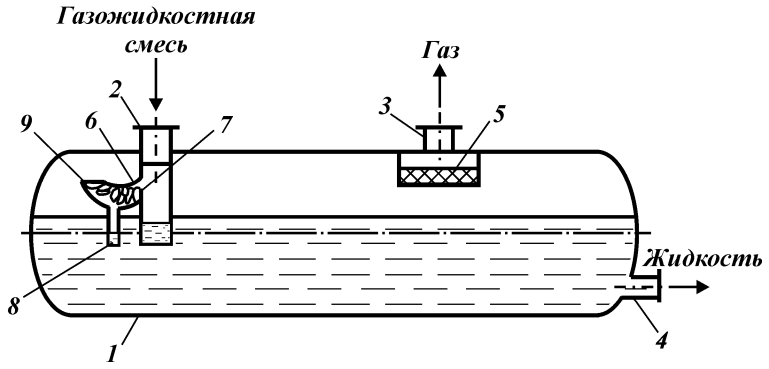


Рис. 5.6. Устройство для разделения газожидкостной смеси:
1 – корпус; патрубки: *2* – ввода газожидкостной смеси; *3, 4* – вывода газа; *5* – каплеуловитель; *6* – криволинейный коллектор; *7* – перегородка; *8* – дренажная трубка; *9* – волокнистая набивка

расположен патрубок *2* ввода газожидкостной смеси и патрубок *3* вывода газа, в нижней части находится патрубок *4* вывода жидкости. Перед патрубком *3* вывода газа установлен каплеуловитель *5*. К патрубку *2* примыкает криволинейный коллектор *6*, изогнутый в нижней части устройства. На входе криволинейного коллектора установлена вертикальная перегородка *7*, перекрывающая коллектор на 0,1–0,4 высоты сечения коллектора. Патрубок *2* погружен в жидкость на глубину не менее 0,3 м. В нижней точке коллектор *6* снабжен дренажной трубкой *8*, которая погружена в жидкость на глубину не менее 0,2 м. Полость коллектора заполнена упругой волокнистой, преимущественно стальной, набивкой *9*.

Устройство работает следующим образом.

Газожидкостная смесь поступает через патрубок *2* внутрь корпуса *1*. В патрубке *2* смесь движется с определенной скоростью, газ поступает в криволинейный коллектор *6*, а пленочная жидкость по инерции проходит по патрубку *2* в нижнюю часть корпуса *1*. Перегородка *7* при этом препятствует сливу пленочной жидкости в криволинейный коллектор *6*. Унесенная капельная жидкость коалесцирует на волокнистой набивке *9* и стекает в нижнюю часть криволинейного коллектора *6*, откуда сливается в нижнюю часть корпуса *1* через дренажную трубку *8*. Газ через выходной торец криволинейного коллектора *6* поступает на каплеуловитель *5*, где доочищается от капельной жидкости и через патрубок *3* вывода газа покидает устройство, а отделившаяся жидкость выводится через патрубок *4*. Заглубление патрубка *2* в жидкость не менее

чем на 0,3 м образует гидрозатвор при сопротивлении упругой набивки, которое может достичь 980–1470 Па (100–150 мм вод. ст.), а заглубление дренажной трубки не менее чем на 0,2 м образует гидрозатвор при сопротивлении части упругой набивки, расположенной между трубкой и торцом коллектора, которое может достичь 784–1171 Па (80–120 мм вод. ст.), исключающий перетекание жидкости в газовую полость и пенообразование.

Эффективность

Предложенное устройство позволяет повысить эффективность процесса дегазации и уменьшает пенообразование. Техническое решение широко используется в промышленности.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 722555, БИ № 11, 1980 (Авторы: Л.М. Мильштейн, С.И. Бойко, Т.М. Каюмов, Р.Ю. Гафуров, Г.К. Зиберт).

5.2.3. ТРЕХФАЗНЫЙ СЕПАРАТОР

Краткое описание

Трехфазный сепаратор представляет собой аппарат для разделения газожидкостных смесей при наличии двух жидкостей с различной плотностью.

Конструкция трехфазного сепаратора представлена на рис. 5.7.

Трехфазный сепаратор содержит горизонтальный корпус *1*, в верхней части которого расположены патрубок *2* ввода газожидкостной смеси и патрубок *3* вывода газа, а в нижней части – патрубок *4* вывода легкой фазы и патрубок *5* вывода тяжелой жидкой фазы. К патрубку *3* примыкает криволинейный коллектор *6*, на выходе которого расположен сетчатый пакет *7*. Криволинейный коллектор *6* снабжен дренажной трубкой *8*. На выходе коллектора *6* установлен просечно-вытяжной лист *9*. Перед патрубком *3* вывода газа установлен сетчатый отбой-

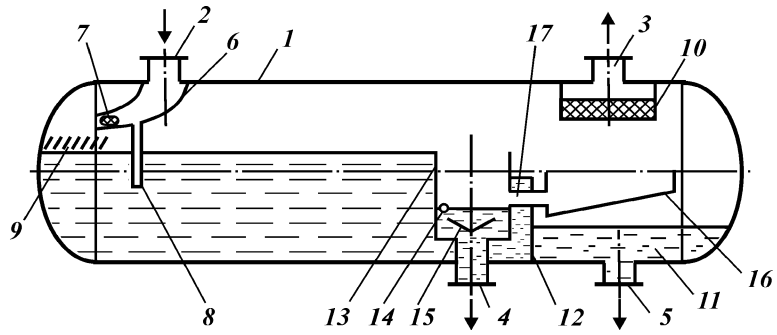


Рис. 5.7. Трехфазный сепаратор:
1 – корпус; патрубки: *2* – ввода газожидкостной смеси, *3* – вывода газа, *4* – вывода легкой фазы, *5* – вывода тяжелой фазы; *6* – коллектор; *7* – сетчатый пакет; *8* – дренажная трубка; *9* – просечно-вытяжной лист; *10* – отбойник; *11* – отсек сбора тяжелой фазы; *12* – перегородка; *13* – камера сбора легкой жидкой фазы; *14* – разделительная тарелка; *15* – датчик регулятора уровня; *16* – сборник отсепарированной жидкости; *17* – переливное устройство

ник *10*, который помещен в отсек *11* сбора тяжелой фазы, образованном стенкой корпуса *1* и перегородкой *12*. Перед перегородкой *12* расположена камера *13* сбора легкой жидкой фазы. В камере *13* размещены разделительная тарелка *14* и датчик *15* регулятора уровня. Под сетчатым отбойником *10* расположен сборник *16* отсепарированной жидкости, соединенный переливным устройством *17* с камерой *13* сбора легкой жидкой фазы. Сборник *16* отсепарированной жидкости находится выше максимальных уровней легкой и тяжелой жидких фаз соответственно в камере *13* сбора легкой жидкой фазы и в отсеке *11* сбора тяжелой жидкой фазы. Для предотвращения уноса жидкости из сборника *16* отсепарированной жидкости и улучшения стока жидкости в камеру *13* сбора легкой жидкой фазы сборник расположен с наклоном в сторону камеры *13* сбора легкой жидкой фазы.

Сепаратор работает следующим образом.

Газожидкостная смесь поступает через патрубок *2* ввода газожидкостной смеси внутрь корпуса *1*. В патрубке *2* смесь движется с определенной скоростью и поступает в криволинейный коллектор *6*. Газ через выходной торец криволинейного коллектора *6* поступает на сетчатый отбойник *10*, где доочищается от капельной жидкости и через патрубок *3* вывода газа выходит из сепаратора. Жидкость из криволинейного коллектора стекает по дренажной трубке *8* в нижнюю часть корпуса *1*. Унесенная капельная жидкость проходит через

сетчатый пакет *7* и стекает через просечно-вытяжной лист *9* в нижнюю часть корпуса *11*, а предварительно отсепарированный газ поступает на сетчатый отбойник *10*.

В корпусе жидкая смесь разделяется под действием гравитационных сил, перетекает в камеру *13* сбора легкой фазы, где датчик *15* поддерживает определенный ее уровень, и через патрубок *4* вывода легкой жидкой фазы выводится из сепаратора. Более тяжелая жидкость скапливается в нижней части корпуса *1*, перетекает через перегородку *12* и выводится из аппарата через патрубок *5* вывода тяжелой фазы.

Жидкость, отсепарированная сетчатым отбойником *10*, стекает в сборник *16* отсепарированной жидкости, откуда через переливное устройство *17* перетекает в камеру *13* сбора легкой жидкой фазы. Так как уровень тяжелой жидкой фазы всегда меньше, чем уровень разделяемой смеси, и может быть снижен за счет увеличения длины аппарата, сетчатый отбойник в описываемом сепараторе может быть установлен в отсеке сбора тяжелой жидкой фазы с соблюдением всех необходимых расстояний без увеличения диаметра сепаратора. Увеличение длины аппарата не приводит к увеличению толщины стенки корпуса, а ведет к снижению металлоемкости разделительного оборудования, так как увеличение длины в меньшей степени влияет на увеличение массы аппарата, чем увеличение диаметра, особенно для аппаратов, работающих под давлением.

Эффективность

Эффективность конструкции предложенного трехфазного сепаратора заключается в снижении металлоемкости за счет уменьшения габаритов аппарата и улучшении разделения за счет увеличения расстояния от уровня жидкости до отбойника.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1073925, 1994 (Автор Г.К. Зиберт).

5.2.4. ГАЗОЖИДКОСТНЫЙ СЕПАРАТОР

Краткое описание

Предложенный газожидкостный сепаратор, схематично показанный на рис. 5.8, осуществляет процесс очистки газа от капельной жидкости.

Газовый поток, содержащий капли жидкости, проходит через кольцевой канал между стенкой корпуса и поддоном и распределяется по каналам, образованным между жалюзийными пластинами. При движении газового потока по извилистым каналам между жалюзийными пластинами увеличивается скорость потока за счет уменьшения поперечного сечения.

Крупные капли жидкости осаждаются на стенках жалюзийных гофрированных пластин на начальном участке. Для того, чтобы обеспечить осаждение все более мелких капель жидкости по ходу движения потока газа, нужно увеличить инерционные силы, действующие на капли. Очищенный от жидкости газ собирается в центральной части сепаратора и через отверстие *4* в крышке отводится. Отделенная жидкость собирается на поддоне и через трубку *7* выводится из сепаратора.

Эффективность

Конструкция предложенного сепаратора обеспечивает движение газового потока от периферии к центру, уменьшение

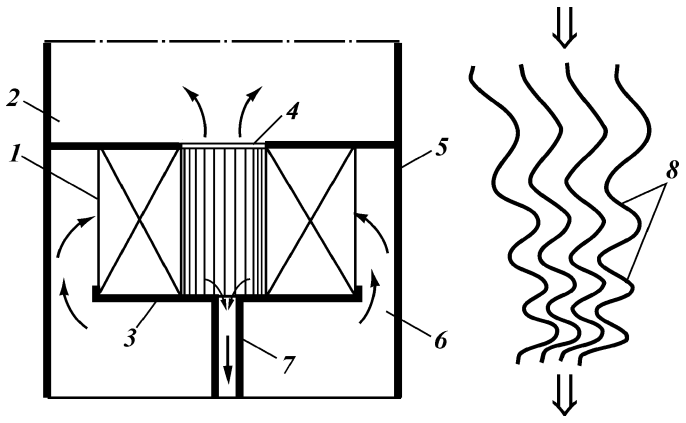


Рис. 5.8. Газожидкостный сепаратор:
1 – гофрированные пластины; *2* – крышка; *3* – поддон; *4* – отверстие; *5* – стенка корпуса; *6* – кольцевой канал; *7* – сливная труба; *8* – гофры

площади поперечного сечения в направлении потока газа, увеличение скорости и, как следствие, рост эффективности сепарации газожидкостного потока за счет повышения улавливающей способности. Техническое решение внедрено в промышленность.

Разработчик

Академия нефти и газа им. Губкина, ДАО ЦКБН ОАО "Газпром".

Литература

Авторское свидетельство № 1634300, БИ № 1634300, 1991 (Авторы: Ю.В. Зайцев, Э.Г. Синайский, В.А. Щелкунов, Д.И. Шевелев, Ю.А. Кащицкий, Г.К. Зиберт, В.А. Толстов).

5.2.5. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗА ОТ КАПЕЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Краткое описание

На рис. 5.9, *а* показан общий вид устройства для очистки газа, продольный разрез; на рис. 5.9, *б* – конструкция секционирующих перегородок.

Устройство включает корпус *1*, в котором установлены сепарирующие элементы в виде многослойных вертикальных нитчатых пакетов *2*. Между сепарирующими элементами установлены секционирующие горизонтальные перегородки *3*. На всей поверхности секционирующих перегородок выполнены гофры *4*, расположенные перпендикулярно направлению движения газа, причем глубина гофр увеличивается от центра к периферии.

Устройство для очистки газа от капельной жидкости работает следующим образом.

Газовый поток, содержащий капли жидкости, проходит через вертикальные нитчатые сепарирующие элементы. Капли жидкости осаждаются на нитях, образуя пленку, которая стекает под действием силы тяжести. Высота нитей в сепарирующих элементах выбирается из условия критической скорости газа, обеспечивающей устойчивость пленки жидкости. Отсепарированная жидкость попадает на секционирующую перегородку *3* и по наклонным каналам, образованным гофрами *4*, отводится к стенкам корпуса *1* и выводится из устройства, что позволяет предотвратить вторичный унос жидкости и обеспе-

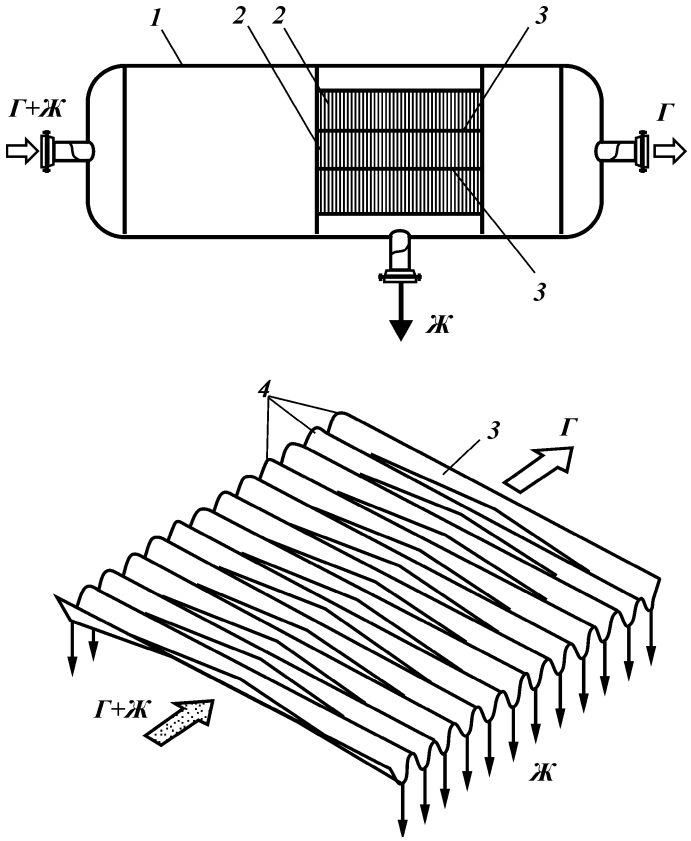


Рис. 5.9. Устройство для очистки газа от капельной жидкости:
а – общий вид; *б* – конструкция секционирующих перегородок; *1* – корпус; *2* – многослойные нитчатые пакеты; *3* – перегородки; *4* – гофры

чить эффективную сепарацию при повышении производительности, так как в центральной части сепаратора глубина гофр мала и они практически не нарушают гидродинамику движения потока газа, а на периферии глубина гофр максимальна, что необходимо для прохождения всей отсепарированной жид- кости.

Эффективность

Эффективность процесса очистки газа от капельной жидкости достигается за счет улучшения условий отвода уловленной жидкости.

Разработчик

Академия нефти и газа им. И.М. Губкина, ДАО ЦКБН ОАО "Газпром".

Литература

Авторское свидетельство № 1708394, БИ № 4, 1992 (Авторы: Ю.В. Зайцев, Э.Г. Синайский, В.А. Щелкунов, Д.И. Шевелев, Ю.А. Кащицкий, Г.К. Зиберт, В.А. Толстов).

5.2.6. АППАРАТ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Краткое описание

Предложенный аппарат для очистки и осушки природного газа относится к оборудованию для обработки природного газа методом НТС и абсорбции.

Аппарат (рис. 5.10) работает следующим образом.

Газ, поступающий из одной или нескольких скважин, проходит в штуцер входа газа высокого давления *12* в распределительную камеру *1* и очищается в сепарационном устройстве высокого давления *5* от выносимых из скважины примесей, сконденсировавшихся паров влаги, конденсата и метанола. В первой ступени сепарации отделившаяся жидкость стекает в сборник для отсепарированной жидкости *10*, откуда конденсат после разделения подается на узел ввода абсорбента *16*.

Газ после сепарации смешивается с ингибитором гидратообразования, подается в трубки теплообменника *7* для охлаждения встречным потоком холодного газа низкого давления, идущим по межтрубному пространству кожуха теплообменника *2*. Вышедший из штуцера *9* охлажденный газ проходит на дросселирование или расширительную машину, после чего через штуцер *21* входит опять в аппарат для окончательной очистки газа и утилизации холода.

В сепараторе предварительной очистки происходит улавливание ингибитора гидратообразования, насыщенной влаги, конденсата, выпавшего из газа после предварительного охлаждения в трубном пучке и после дросселирования. Предварительно отсепарированный холодный газ низкого давления

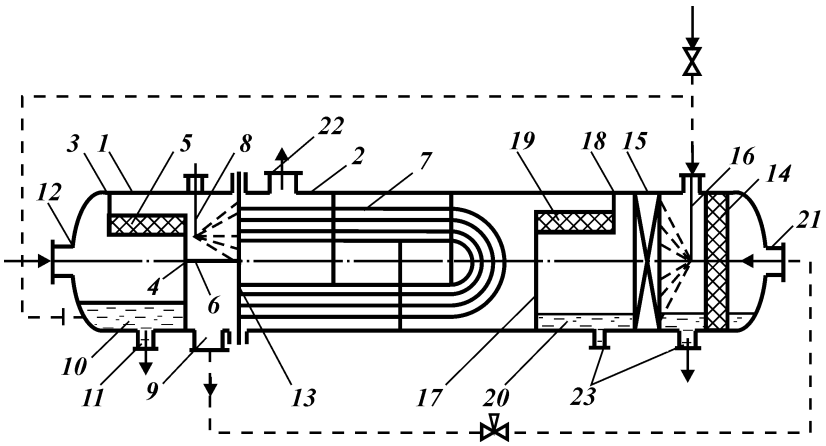


Рис. 5.10. Аппарат для очистки и осушки природного газа:
1 – распределительная камера; *2* – кожух теплообменника; *3, 4, 6, 17, 18* – перегородки; *5* – сепарационное устройство; *7* – пучок труб теплообменника; *8* – узел ввода ингибитора гидратообразования; штуцера: *9* – выхода охлажденного газа, *11, 23* – для вывода отсепарированной жидкости; *12* – для входа газа, *21, 22* – для входа и выхода газа низкого давления; *10, 20* – сборник для отсепарированной жидкости; *13* – трубная доска; *14* – сепарационное устройство предварительной очистки; *15* – контактно-сепарационное устройство; *16* – узел ввода абсорбента; *19* – сепарационное устройство окончательной очистки

поступает в контактно-сепарационное устройство *15*, где на большой поверхности контактирует с абсорбентом, который подается через узел ввода абсорбента *16*.

Отсепарированный холодный газ низкого давления поступает в межтрубное пространство кожуха теплообменника *2* для теплообмена, после чего в очищенном, осушенном и подогретом виде направляется в магистральный газопровод через штуцер *22*, а жидкость через штуцер *23* отводится на разделение.

Эффективность

Эффективность разделения достигается тем, что аппарат снабжен контактно-сепарационным устройством, установленным между теплообменником и сепарационным устройством низкого давления, выполненным в виде объемной сетчатой насадки. Техническое решение внедрено в промышленность.

Разработчик

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

Литература

Авторское изобретение № 822862, БИ № 15, 1981 (Авторы: Г.К. Зиберт, О.С. Петрашкевич, В.А. Толстов, Ю.А. Кащицкий).

5.2.7. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГАЗА

Краткое описание

Предложенный аппарат относится к технологическому оборудованию для обработки газа при проведении процессов сепарации газа от жидкости, абсорбции и др.

Горизонтальный аппарат для обработки газа (рис. 5.11) работает следующим образом.

Газ через патрубок *2* поступает в аппарат и проходит через сегментные вырезы *8* в поперечной перегородке *5* под продольные перегородки *4*, равномерно распределившись по продольному сечению аппарата в массообменные и/или сепарационные секции *6*. Проходя снизу вверх через секции *6*, газ контактирует с абсорбентом, поступающим в аппарат через патрубок *12* и движущимся в секции *6* сверху вниз. Очищенный газ выходит из массообменной и/или сепарационной секции *6* в двух направлениях и поступает в герметичные со стороны подвода газа секции камеры *7*, откуда через продольные каналы *9* и выходной патрубок *3* выходит из аппарата. Жидкость отводится из нижней части аппарата через патрубок *13*.

Эффективность

Эффективность работы и производительность аппарата увеличивается за счет улучшения распределения потока газа по продольному сечению аппарата. Техническое решение внедрено в промышленность.

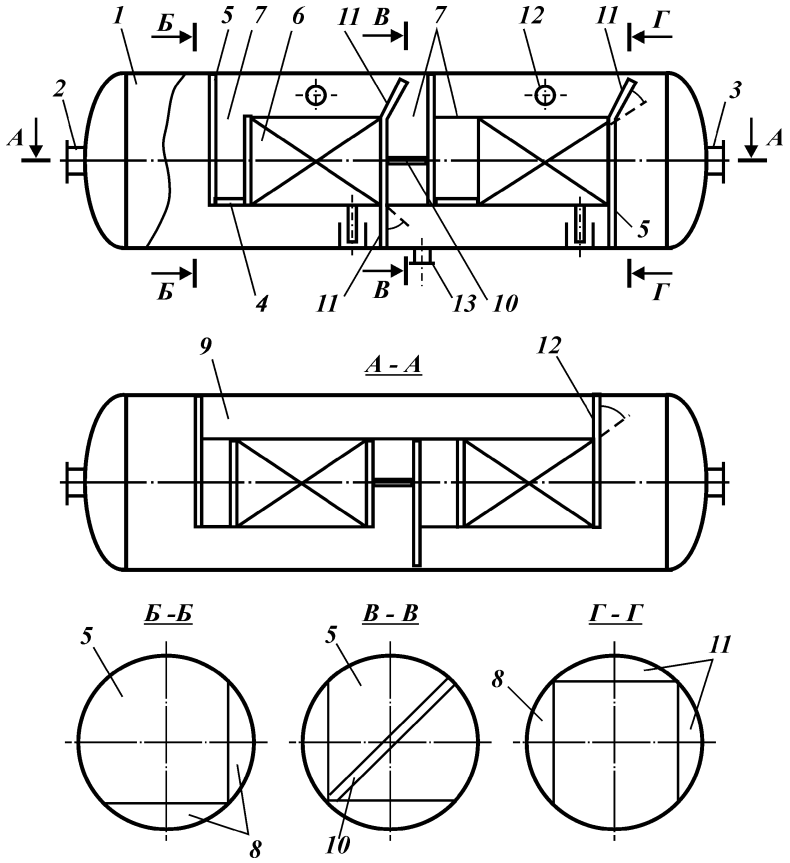


Рис. 5.11. Горизонтальный аппарат для обработки газа:
1 – цилиндрический корпус; *2, 3* – патрубки подвода и отвода газа; *4, 5* – продольные и поперечные перегородки; *6* – массообменные или сепарационные секции; *7* – камера; *8* – сегментный вырез; *9* – продольный канал; *10* – продольная пластина; *11* – дополнительные поперечные перегородки

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1412080 (Авторы: Г.К. Зиберт, С.И. Кузьмин, Л.Б. Галдина).

5.2.8. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗА

Краткое описание

Устройство применяется для очистки газа от жидких частиц.

Устройство (рис. 5.12) состоит из емкости с патрубками вывода газа и жидкости, патрубком ввода газожидкостной смеси, коллектором и разгонными устройствами, выполненными в виде сопел Вентури, причем площадь поперечного сечения горловины каждого последующего сопла уменьшена относительно предыдущего, а между внешней поверхностью сопел и корпусом коллектора находятся камеры, имеющие отверстия в горловинах сопел.

Устройство для очистки газа работает следующим образом.

Высокоскоростной газожидкостный поток, содержащий жидкостные пробки, поступает через входной патрубок *4* в коллектор *5* устройства для очистки газа. В коллекторе газожидкостная пробка попадает в первое разгонное устройство – сопло Вентури *7*. Так как площадь поперечного сечения горловины *10* сопла меньше, чем площадь поперечного сечения коллектора, скорость движения жидкости во время прохождения жидкостной пробки возрастает, а давление в горловине – падает. Вследствие снижения давления в горловине *10* сопла

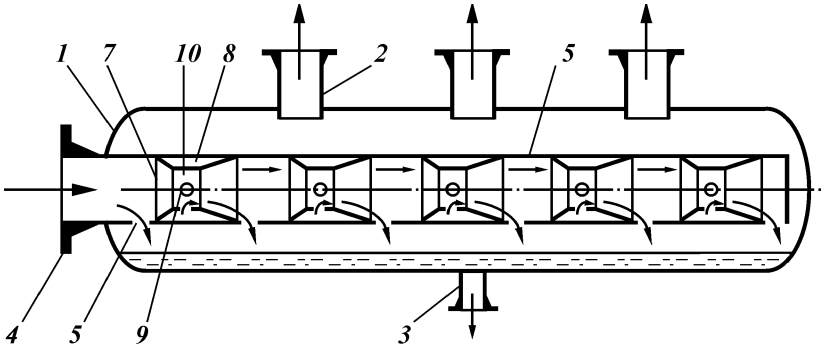


Рис. 5.12. Устройство для очистки газа:
1 – емкость; патрубки: *2* – вывода очищенного газа, *3* – вывода жидкости, *4* – ввода газожидкостного потока; *5* – коллектор; *6* – выходные отверстия; *7* – разгонные устройства; *8* – камеры; *9* – отверстия в горловинах сопел; *10* – сопла

Вентури *7* через отверстие *9* из камеры *8* откачивается газ и в камере создается разрежение. На поддержание разрежения расходуется часть кинетической энергии движущейся жидкости. Кроме того, за счет снижения статического давления в горловине сопла снижается равновесное давление насыщенных паров жидкости. Из жидкости выделяются в виде газовых пузырьков легкокипящие компоненты, движение жидкости переходит в кавитационный режим, которому свойственна диссипация (рассеивание) кинетической энергии. Поскольку при прохождении горловины *10* сопла Вентури *7* кинетическая энергия жидкостного потока снижается, скорость движения жидкости вдоль коллектора после сопла уменьшается и часть жидкости под действием силы тяжести выводится из коллектора *5* через выходное отверстие *6*, расположенное в нижней части коллектора, в емкость *1*.

Движущаяся вдоль коллектора жидкостная пробка поступает во второе сопло Вентури. Несмотря на то, что объем жидкости уменьшился, скорость потока в горловине второго сопла возрастает до величины скорости движения в горловине первого сопла, так как площадь поперечного сечения горловины второго сопла меньше площади поперечного сечения горловины первого сопла. Во втором сопле повторяются те же процессы рассеивания кинетической энергии и торможения, что и в первом. Часть жидкости выводится из коллектора через выходное отверстие *6*.

Последовательно проходя вдоль коллектора с соплами Вентури *7* и камерами *8*, имеющими отверстия в горловинах сопел, площади поперечных сечений которых последовательно уменьшены, жидкостная пробка постепенно теряет свою кинетическую энергию, и в результате истечения через выходные отверстия *6* в коллекторе *5* жидкость равномерно отводится в емкость *1*. Таким образом, полностью исключается ударное разрушающее воздействие на устройство для очистки газа, а жидкость, отводимая через выходные отверстия *6*, в коллекторе не вызывает образование брызг, которые могут подхватываться и уноситься из емкости *1* в патрубки *2* с потоком газа.

Эффективность

Предложенная конструкция позволяет повысить надежность и эффективность устройства при очистке высокоскоростного газожидкостного потока, содержащего жидкостные пробки. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2096069, БИ № 32, 1997 (Авторы: Е.П. Запорожец, Б.С. Палей, Г.К. Зиберт).

ê‡Á‰ÂÎ 6

РАЗДЕЛИТЕЛИ

6.1. УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ

Краткое описание

Предложенное устройство (рис. 6.1) относится к устройствам для разделения двух несмешивающихся жидкостей, различающихся плотностью. Устройство может применяться в установках низкотемпературной конденсации и конденсации.

Устройство работает следующим образом.

Жидкость подается в аппарат через штуцер *2* и распределяется между коалесцирующими патронами *8*. Затем жидкость проходит пористый слой патрона *8* с развитой поверхностью, где мелкие частицы тяжелой жидкости коалесцируют и попадают на пластины *13*, с которых через воронкообразный слив *14* тяжелая жидкость перетекает на наклонные распределительные пластины *12*, а с последних – в нижнюю часть аппарата.

Легкая жидкость поднимается из-под наклонных распределительных пластин *12* и собирается в средней части устройства. Газ выветривания поступает в верхнюю часть корпуса *1*, проходит сепарационное устройство *9*, где отделяется от жидкости и отводится через штуцер *3*.

Тяжелая и легкая жидкости также проходят сепарационное устройство *9*, на котором происходит окончательное разделение жидкостей и их отвод через штуцер *4* и *5* соответственно.

Эффективность

Эффективность разделения несмешивающихся жидкостей повышается путем исключения повторного их перемешивания. Техническое решение широко используется в промышленности.

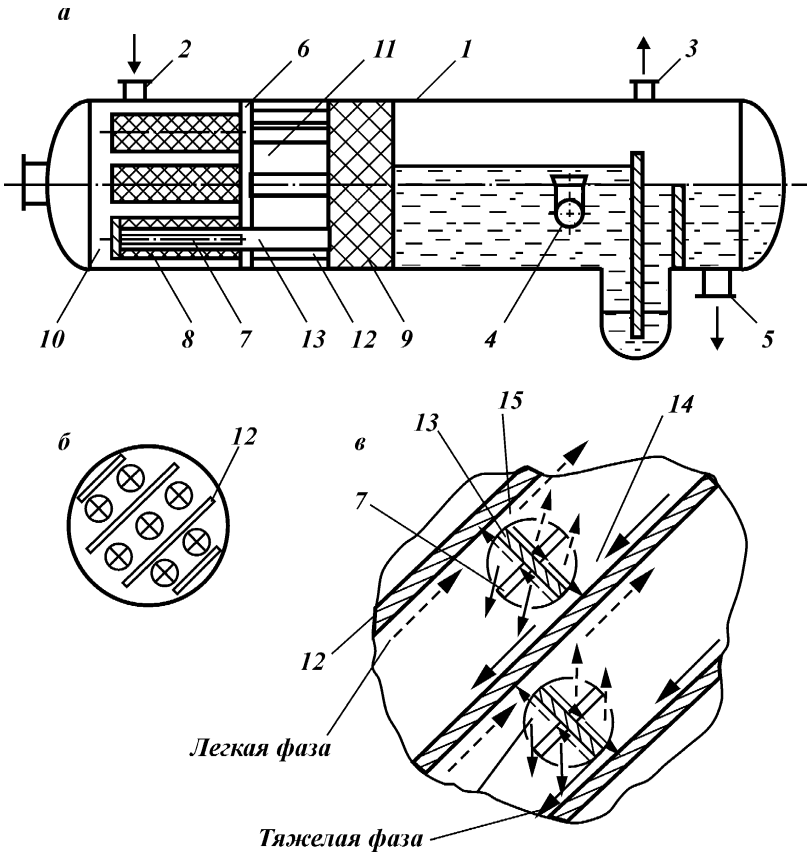


Рис. 6.1. Устройство для разделения несмешивающихся жидкостей:
а – общий вид; *б* – вид на поперечную решетку; *в* – взаимное расположение распределительных и сливных пластин;
1 – корпус; *2* – ввод исходной смеси газа; *3* – выход газа; *4* – выход легкой жидкости; *5* – выход тяжелой жидкости; *6* – поперечная решетка; *7* – крестовина; *8* – патроны; *9* – сепарационное устройство; *10, 11* – коалесцирующая и разделительная камеры; *12* – распределительные пластины; *13* – сливные пластины; *14* – воронкообразный слив; *15* – каналы для перетока легкой жидкости

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 610537, БИ № 22, 1978 (Авторы: Г.К. Зиберт, О.Г. Камаров, Ю.А. Кащицкий, А.В. Виноградова).

6.2. ТРЕХФАЗНЫЙ РАЗДЕЛИТЕЛЬ

Краткое описание

Трехфазный разделитель (рис. 6.2) относится к аппаратам для разделения смесей газ – жидкость – жидкость и используется преимущественно для разделения смесей, загрязненных механическими примесями или содержащих высоковязкие жидкости.

Трехфазный разделитель работает следующим образом.

Исходная смесь через патрубок *2* поступает в межтрубное пространство, ограниченное герметичными диафрагмами *7* и *8*, где происходит газожидкостная сепарация в пучке труб, расположенных выше перегородки *15*, за счет инерционных сил при изменении направления движения газожидкостного потока к вырезу *9* в диафрагме *8* и гравитационных сил, которые действуют на не осевшие капли в процессе движения потока от патрубка входа *2*, находящегося вблизи диафрагмы *7* к вырезу *9*. Гравитационному осаждению способствует также коалесценция капель жидкости на внешней поверхности сплошных труб. Из межтрубного пространства газ удаляется через вырез *9*. Затем проходит сетчатый пакет *12*, в котором происходит коалесценция мелких частиц унесенной жидкости. Поменяв направление на 180° и пройдя вторично через сетчатый пакет *12*, газ попадает в пакет из сплошных труб *6*. При изменении направления движения из газового потока частично отделяются укрепленные в пакете *12* частички жидкости. Оставшиеся капли жидкостной фазы укрупняются за счет коалесценции при вторичном прохождении потока через сетчатый пакет *12*, что улучшает дальнейшее осаждение тяжелых фаз в сплошных трубах. Живое сечение пакета из сплошных труб для газа (выше перегородки) выбирают таким образом, чтобы режим течения газожидкостного потока в трубах был ламинарным (расслоенным).

При создании указанного режима течения газожидкостного потока и при соотношениях диаметра труб к длине от 0,02 до 0,1 практически вся унесенная жидкая фаза будет осаждена на внутренние стенки труб. После пакета из сплошных труб газ, отделившийся от жидкости, отводится из корпуса аппарата через патрубок *3*, предварительно пройдя сетчатый отбойник *14*, установленный для устранения вторичного уноса осевшей жидкости.

В смеси двух отделившихся от газа фаз – эмульсии, скапливающейся до определенного уровня в межтрубном простран-

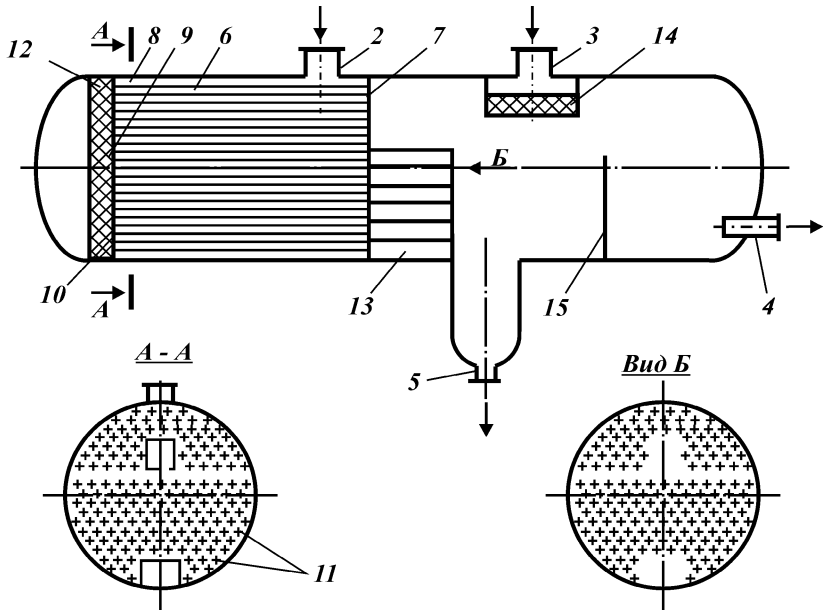


Рис. 6.2. Трехфазный разделитель:
1 – корпус; патрубки: *2* – подачи исходной смеси, *3* – выхода газа, *4, 5* – выхода разделенных жидкостей; *6* – пакет сплошных труб; *7, 8* – диафрагмы; *9, 10* – вырез; *11* – трубы; *12* – сетчатый пакет; *13* – наклонные пластины; *14* – сетчатый отборник; *15* – перегородка

стве, происходит коалесценция дисперсной фазы на внешней поверхности сплошных труб с дальнейшим осаждением укрупненных капель. Затем смесь и частично отделившаяся наиболее тяжелая фаза через вырез *10* диафрагмы *8* и сетчатый пакет *12* поступает в пространство между корпусом аппарата и диафрагмой *8*, откуда, пройдя сетчатый пакет *12*, способствующий коалесценции капель, направляется в пакет из сплошных труб *6*, а отделившаяся наиболее тяжелая фаза поступает в трубы *11*, с помощью которых отводится в зону патрубка *5*, предназначенного для удаления наиболее тяжелой фазы из корпуса *1*. Наличие сетчатого пакета *12* позволяет до поступления смеси двух фаз в сплошные трубы *6* укрупнить за счет коалесценции на сетке мелкие капли и частично отделить наиболее тяжелую фазу, удаляемую с помощью труб *11*.

Затем разделенные фазы, не смешиваясь, благодаря наклонным пластинам *13*, жестко прикрепленным к диафрагме *8* между каждым рядом выходных отверстий сплошных труб *6*, окончательно расслаиваются в пространстве корпуса между

диафрагмой *7* и перегородкой *15*. После чего отводятся из аппарата через штуцеры *4* и *5*. Перегородка *15* необходима для более эффективного отбора разделенных жидкостей.

Эффективность

Эффективность разделения в предложенном трехфазном разделителе повышается за счет коалесценции капель дисперсной фазы. Техническое решение внедрено в промышленность.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 774006 (Авторы: Л.М. Мильштейн, С.И. Бойко, М.Т. Каюмов, Ю.К. Молоканов, Г.К. Зиберт).

6.3. АППАРАТ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ

Краткое описание

Предложенный аппарат относится к устройствам для разделения смесей двух жидкостей с разными плотностями в массотеплообменных процессах.

Аппарат для разделения смесей (рис. 6.3) работает следующим образом.

Газ поступает снизу и проходит по патрубку *3*, не контактируя со слоем жидкости, поступающей сверху. Жидкостная смесь на основании разделяется за счет гравитационных сил, легкая отводится через патрубок *4*, а тяжелая, скапливающаяся в нижних слоях в соответствии с законом сообщающихся сосудов, заполненных жидкостями с разными плотностями, по каналу, образованному перегородками *6, 7*, поднимается и переливается через перегородку *7* в пространство, ограниченное перегородкой *7* и патрубком *5*, откуда затем удаляется через патрубок *5*. Во избежание попадания в отводящую линию газовой фазы над входом в патрубок *5* с помощью регулятора уровня датчика *10*, который расположен за перегородкой *7*, поддерживается соответствующий уровень жидкости. Установив перед патрубком отвода жидкости с высокой плотностью перегородку высотой 0,5–0,9 высоты уровня смеси жидкостей, скапли-

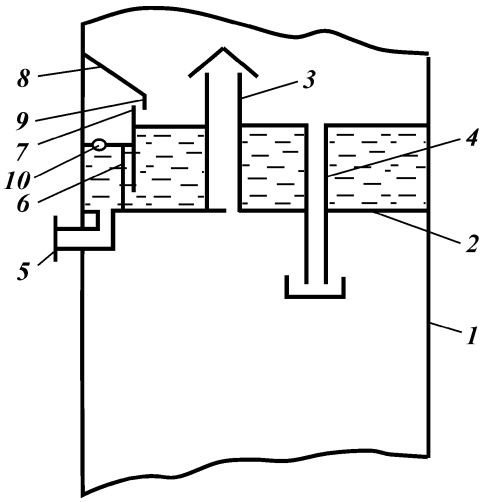


Рис. 6.3. Аппарат для разделения смесей:
1 – корпус; *2* – основание; патрубки: *3* – для бесконтактного прохода газа через слой жидкости, *4* – вывода жидкости с низкой плотностью, *5* – вывода жидкости с высокой плотностью; *6, 7* – перегородки; *8* – пластина; *9* – отогнутый вертикально вниз конец пластины; *10* – датчик регулятора уровня

вающейся на основании, а перед перегородкой на расстоянии, не превышающем 0,1 м – вторую перегородку, верхняя часть которой расположена выше уровня жидкости, а между нижней ее частью и основанием существует зазор, равный (0,05–0,2) высоты уровня жидкости, повысили степень разделения двух жидкостей за счет использования закона сообщающихся сосудов, заполненных жидкостями с разными плотностями.

Установка над перегородками пластины предотвращает попадание в отделившуюся жидкость с более высокой плотностью смеси жидкостей, поступающей на тарелку.

Эффективность

Предложенная конструкция позволяет повысить разделение смеси двух жидкостей с разными плотностями за счет предотвращения попадания в отделившуюся жидкость с более высокой плотностью смеси жидкостей, поступающей сверху. Техническое решение внедрено в промышленность.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар, ДАО ЦКБН ОАО "Газпром".

Литература

Авторское свидетельство № 880439, БИ № 42, 1981 (Авторы: Г.К. Зиберт, Л.И. Тириакиди, С.И. Бойко).

6.4. УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНОЙ СМЕСИ

Краткое описание

Предложенное устройство относится к устройствам для разделения смесей газ – жидкость – жидкость.

Устройство для разделения трехфазной смеси включает корпус, отстойник, патрубки, перегородку, снабжено жесткой диафрагмой, расположенной под перегородкой между переливным патрубком и стенкой отстойника, при этом нижняя кромка перегородки размещена в отстойнике на глубине, равной 0,1–1 высоты переливного устройства (рис. 6.4).

Устройство работает следующим образом.

Во время пуска тяжелой жидкостью заполняется только верхняя часть отстойника над диафрагмой, при этом нижние кромки перегородки *12* затоплены. Это позволяет создать гарантированный гидрозатвор, предотвращающий попадание легкой жидкости в отстойник, освобождая нижнюю часть аппарата, и требует минимального расхода тяжелой жидкой фазы, тем самым ускоряя процесс пуска установок разделения. Через патрубок *2* в корпус *1* подают исходную смесь. Здесь газ выветривается, и под действием силы тяжести происходит разделение жидкостей с различной плотностью. Газ после дополнительной очистки от капель жидкости в сетчатом отбойнике *8* удаляют из аппарата через патрубок *3*. По мере накопления легкую жидкость отбирают из верхних слоев жидкостной смеси через перегородку *9* из пространства, ограниченного ею и корпусом *1*, через патрубок *4*. По мере накопления жидкости в аппарате тяжелая фаза из верхней части отстойника перетекает и постоянно заполняет пространство между перегородкой *12* и переливным патрубком *11*. При этом тяжелая жидкость вытесняется через переливной патрубок *11* в нижнюю часть отстойника, откуда она периодически сбрасывается. Уровень тяжелой жидкости контролируют датчиком *7* регулятора уровня, расположенным на границе раздела газ – жидкость. При повышении уровня выше допустимого жидкость сбрасывают через патрубок *6* выхода тяжелой жидкости.

Эффективность

Предложенное устройство для разделения трехфазной смеси позволяет при сохранении габаритов аппарата повысить

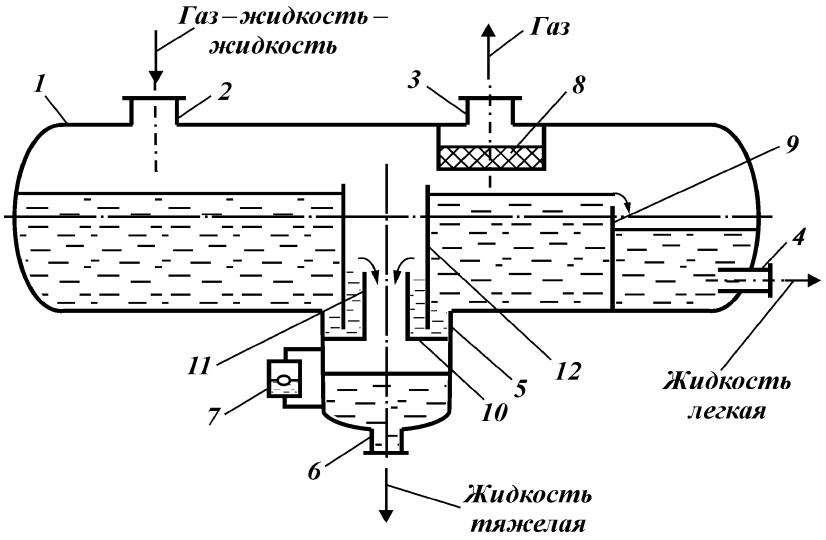


Рис. 6.4. Устройство для разделения трехфазной смеси:
1 – корпус; патрубки: *2* – входа смеси, *3* – выхода газа, *4* – выхода легкой жидкости, *6* – выхода тяжелой жидкости, *11* – переливной; *5* – отстойник; *7* – датчик регулятора уровня раздела фаз газ – тяжелая жидкость; *8* – сетчатый отбойник; *9, 12* – перегородка; *10* – диафрагма

его эффективность за счет увеличения полезного отстойного объема аппарата, сократить время пуска разделителя, а также уменьшить минимальный объем тяжелой жидкости в системе разделения. Техническое решение используется в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1015516 (Авторы: Г.К. Зиберт, С.И. Бойко, Л.М. Мильштейн, А.Я. Валюхов, А.И. Ахмеров).

6.5. ФАЗНЫЙ РАЗДЕЛИТЕЛЬ

Краткое описание

Предложенный фазный разделитель (рис. 6.5) относится к устройствам для разделения несмешивающихся жидкостей с разной плотностью.

Разделитель включает корпус, трубы и перегородку. Трубы установлены с образованием наклонных рядов. Разделитель снабжен также наклонными пластинами со срезанной верхней частью, установленными между рядами труб, при этом нижние края пластин расположены с зазором к перегородке и опираются на нижележащий ряд труб, а верхние края наклонных пластин закреплены с вышележащим рядом труб.

Фазный разделитель работает следующим образом.

Исходное сырье подают через патрубок *2* входа смеси на горизонтальные трубы *7*, при этом газ выветривается и накапливается в верхней части аппарата, проходит через верхние трубы *7* через глухую перегородку *6* к патрубку выхода газа, через который и отводится из корпуса. Жидкая смесь распределяется около глухой перегородки *6* и по межтрубному пространству между плоскими пластинами *8* направляется к входам смеси в трубы. При движении жидкости между пластинами происходит осаждение тяжелой фазы на плоскость нижележащих пластин и подъем легкой фазы на плоскость лежащих выше. Так как расстояние между пластинами невелико, время разделения тяжелой и легкой фаз также невелико. Отделившаяся легкая фаза направляется, естественно, к верхней точке пластины, т.е. к углам их среза, откуда движется в верхние слои жидкости. Величина среза на пластинах разная, следовательно, и переток жидкости происходит в различных точках. Далее легкая жидкость направляется в трубы, на внутренних поверхностях которых происходит дополнительное укрупнение дисперсных частиц и их разделение. Тяжелая фаза, кроме продольного движения между пластинами, приобретает и поперечное направление за счет наклона пластин в поперечном сечении аппарата и постепенно перетекает на внутреннюю стенку корпуса в нижнюю часть аппарата, откуда по нижним трубам направляется в сторону глухой перегородки *6*. При этом в трубах происходит также дополнительное разделение жидких фаз. На выходе из горизонтальных труб ребра *11* и плоскости *12* предотвращают перемешивание разделенных легких и тяжелых жидкостей, организуя направленные потоки легкой и тяжелой фаз. Деление пластинами труб на ряды исключает

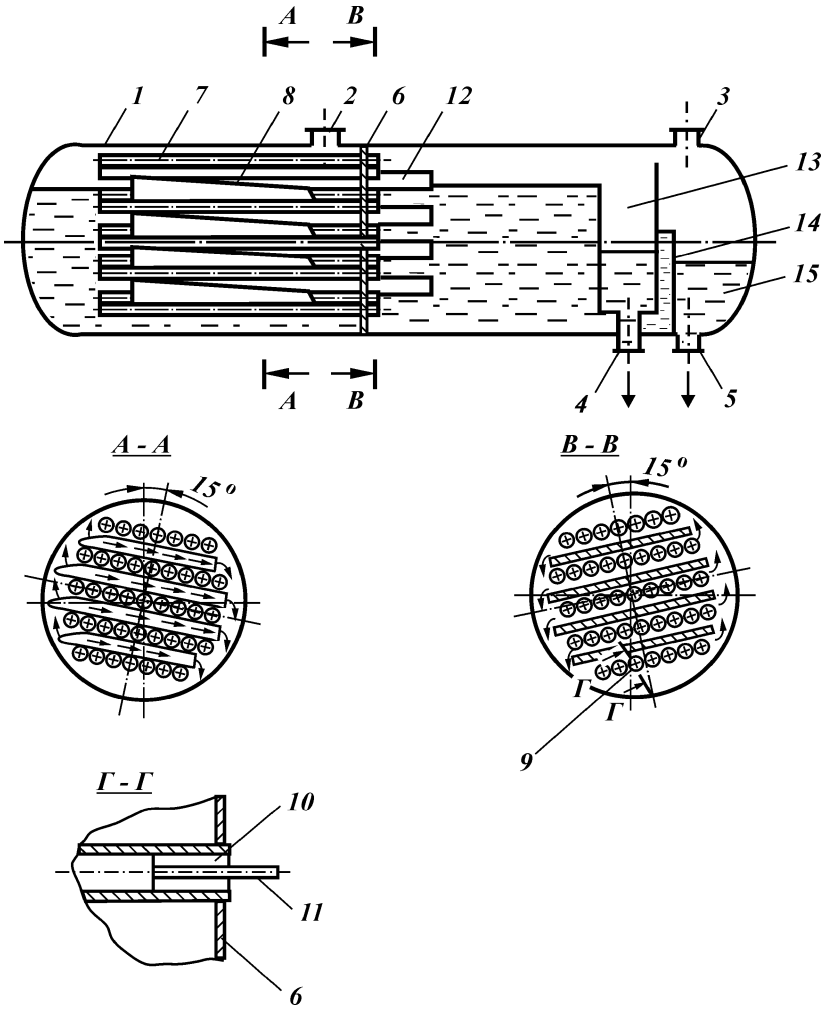


Рис. 6.5. Фазный разделитель:
1 – корпус; патрубки: *2* – входа смеси, *3* – выхода газа, *4* – выхода легкой жидкости, *5* – выхода тяжелой жидкости; *6* – поперечная перегородка; *7* – горизонтальные трубы; *8* – пластины; *9* – зазор; *10, 11* – крестовины; *12* – плоскость; *13* – камера сбора легкой жидкости; *14* – сегментная перегородка; *15* – отсек для тяжелой жидкости

повторное перемешивание разделенной жидкости в межтрубном пространстве.

За счет того, что трубы предотвращают перекрытие нижних и верхних кромок выше- и нижерасположенных пластин,

запирание пространства между пластинами практически невозможно.

Данная конструкция позволяет использовать одновременно ряд труб в качестве опор.

Эффективность

Эффективность разделения в предложенной конструкции повышается за счет предотвращения смешивания фаз в межтрубном пространстве и на выходе в горизонтальные трубы путем организованного отвода предварительно разделенных фаз. Техническое решение внедрено в промышленность.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1031031, БИ № 2, 1994 (Авторы: Г.К. Зиберт, Ю.А. Кащицкий).

6.6. АППАРАТ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ И ДЕГАЗАЦИИ ЖИДКОСТИ

Краткое описание

Предложенный аппарат для разделения и дегазации жидкости представлен на рис. 6.6.

Аппарат работает следующим образом.

Газожидкостную смесь по входному патрубку *8* подают в гидроциклон *1*, где под действием центробежных сил она разделяется на три фазы: газообразную, легкую и тяжелую жидкие фазы. Газ через верх гидроциклона поступает в верхнюю часть аппарата и отводится из него через патрубок *13* выхода газа. Тяжелая жидкая фаза и шлак в виде осадка стекают по внутренней стенке гидроциклона и через кольцевое отверстие *15* выхода тяжелой фазы из гидроциклона попадают на наклонно установленную разделительную перегородку *4*. Шлак, стекая по ней, отводится из приемной камеры *2* через соответствующий патрубок *7*, не загрязняя при этом отстойную каме-

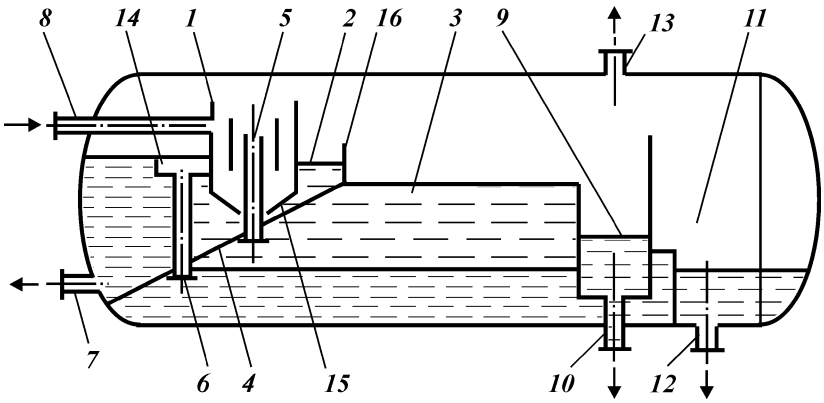


Рис. 6.6. Аппарат для разделения и дегазации жидкости:
1 – гидроциклон; *2* – приемная камера; *3* – отстойная камера; *4* – разделительная перегородка; *5, 6* – сливной патрубок легкой и тяжелой фазы; патрубки: *7* – отвода шлака, *8* – входа смеси; *10* – выхода легкой фазы, *12* – выхода тяжелой фазы, *13* – выхода газа; *9* – отсек для отделенной легкой фазы; *11* – отсек отделенной тяжелой фазы; *14* – верхняя кромка патрубка *6*; *15* – выходное отверстие гидроциклона; *16* – верхняя кромка перегородки

ру. Тяжелая жидкая фаза накапливается в приемной камере, создавая гидрозатвор, и поступает в нижнюю часть отстойной камеры через верхнюю кромку сливного патрубка *6* тяжелой фазы.

Отделившаяся от газожидкостной смеси под действием центробежных сил легкая жидкая фаза, поднимаясь по наружной стенке сливного патрубка *5* легкой фазы, находящегося в центре гидроциклона, переливается через его верхнюю кромку и попадает через сливной патрубок в верхнюю часть отстойной камеры *3*.

Предварительно разделенные таким образом в гидрозатворе жидкие фазы не перемешиваются после него, так как легкая фаза поднимается по наклонной перегородке в верхнюю часть отстойной зоны, а тяжелая фаза опускается вниз по наклонной разделительной перегородке *4*.

Отстоявшиеся разделенные жидкости отводятся из отстойной камеры через соответствующие отсеки *9* и *11* и патрубки *10* и *12* выхода.

Верхняя кромка сливного патрубка *5* легкой фазы в гидроциклоне расположена выше переливной кромки отсека *9* отделенной легкой фазы и выше верхней кромки сливного патрубка *6* тяжелой фазы. Это исключает возможность попадания разделенных в гидроциклоне фаз в другие отсеки.

Установка верхней кромки сливного патрубка *5* легкой фазы выше верхней кромки сливного патрубка *6* тяжелой фазы при уменьшении содержания в смеси легкой фазы исключает попадание тяжелой фазы в сливной патрубок *5* легкой фазы. Отстоявшаяся в приемной камере *2* легкая фаза переливается в отстойную камеру *3* через верхнюю кромку разделительной перегородки.

Эффективность

Предложенная конструкция проста и позволяет в отличие от известных устройств обеспечить работоспособность аппарата при любых соотношениях фаз в смеси. Техническое решение внедрено в промышленность.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1153946, БИ № 17, 1985 (Авторы: Г.К. Зиберт, А.М. Сиротин, А.В. Лапшина).

6.7. УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ С РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ

Краткое описание

Предложенное устройство представлено на рис. 6.7.

Устройство для разделения смесей с различной плотностью содержит горизонтальный корпус *1* с патрубками ввода исходной смеси *2*, отвода тяжелой *3* и легкой *4* фаз, продольные перегородки *5* и *6*, вертикальные поперечные перегородки *7, 8* и *9*. Корпус *1* с продольной перегородкой *5* образует приемную камеру *10*, а с продольной перегородкой *6* – камеру *11* сбора легкой фазы. Продольные перегородки *5* и *6* и поперечная перегородка *7* образуют камеру *12* разделения фаз, а вертикальные поперечные перегородки *7, 8* и *9* образуют камеру *13* сбора тяжелой фазы и гидрозатвор *14*.

Устройство работает следующим образом.

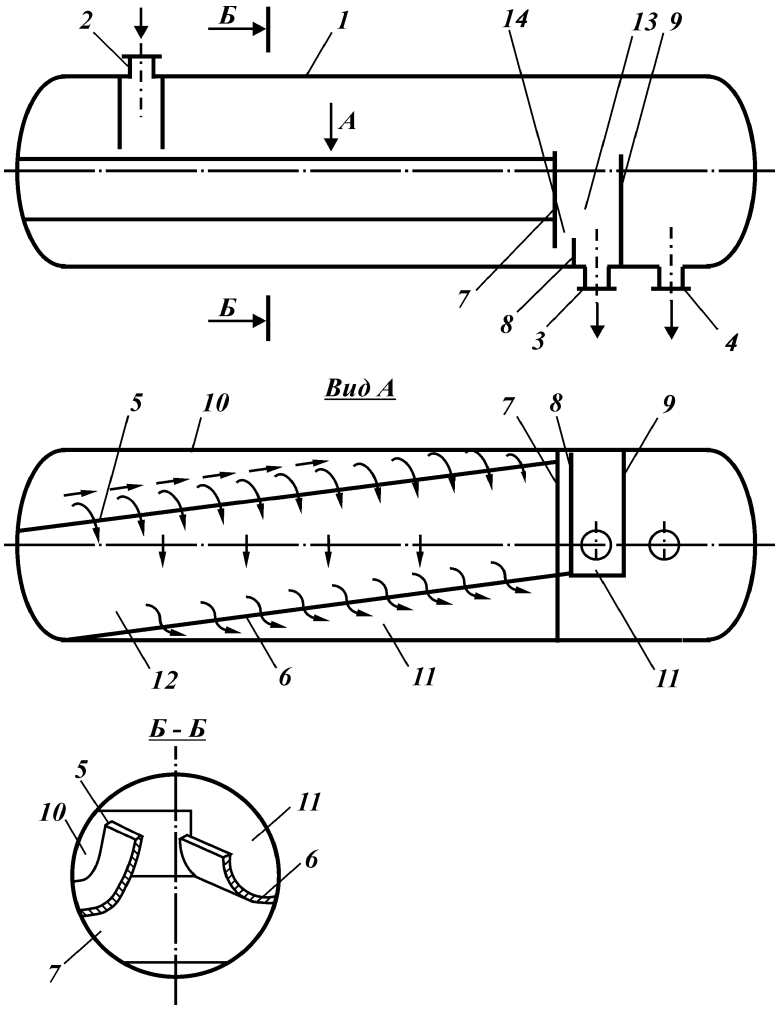


Рис. 6.7. Устройство для разделения смесей с различной плотностью:
1 – корпус; патрубки: *2* – ввода исходной смеси, *3, 4* – отвода тяжелой и легкой фаз; перегородки: *5, 6* – продольные, *7, 8, 9* – вертикальные поперечные; камеры: *10* – приемная, *11* – сбора легкой фазы; *12* – разделения фаз, *13* – сбора тяжелой фазы; *14* – гидрозатвор

Жидкостная смесь через патрубок *2* попадает в приемную камеру *10*, где распределяется вдоль вертикальной перегородки *5*, через которую переливается в камеру *12* разделения фаз. Отсюда отделенная легкая фаза перетекает через продольную

перегородку *6* в камеру *11* сбора легкой фазы и выводится из аппарата через патрубок *4*, а отделенная тяжелая фаза через гидрозатвор *14* попадает в камеру *13* сбора тяжелой фазы и через патрубок *3* также выводится из аппарата.

Эффективность

Повышение производительности и эффективности разделения в предложенной конструкции достигается путем снижения скорости подачи на разделение. Техническое решение внедрено в промышленность.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1159588, БИ № 21, 1985 (Авторы: Г.К. Зиберт, С.И. Бойко, М.Г. Ткач, С.Н. Куликова).

6.8. УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЖИДКОСТНЫХ СМЕСЕЙ

Краткое описание

На рис. 6.8. представлен общий вид устройства.

Устройство работает следующим образом.

Разделяемую смесь подают через центральный патрубок *2* ввода жидкостной смеси в горизонтальный приемный короб *8* с установленными по уровню регулируемыми планками *11*. Смесь делится на два одинаковых потока и попадает в каналы, образованные наклонными пластинами *13* и вертикальной перегородкой *9*, и стекает вдоль перегородки в отстойные отсеки *10*. Подача жидкости непосредственно вдоль перегородок обеспечивает максимальный путь движения жидкостной смеси и максимальное время ее разделения. В отсеках *10* жидкостная смесь разделяется под действием гравитационных сил, как в двух самостоятельных разделителях.

Отделившаяся тяжелая жидкость перетекает через перегородки *5*, стекает в отсеки *6* для сбора тяжелой жидкой фазы и

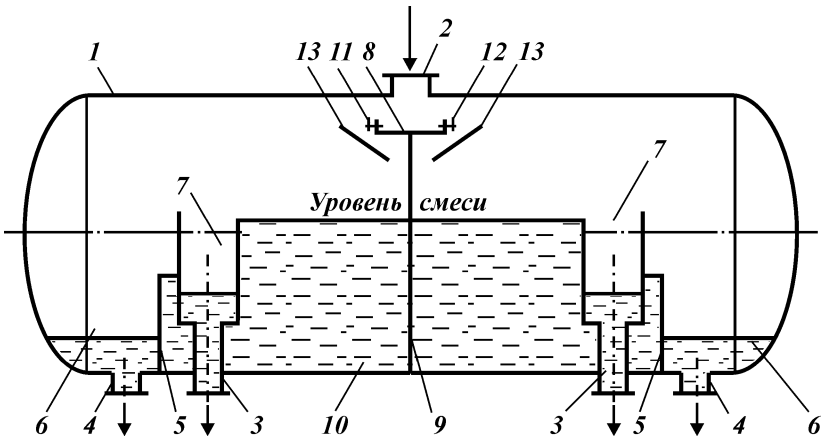


Рис. 6.8. Устройство для разделения жидкостных смесей:
1 – корпус; патрубки: *2* – ввода жидкостной смеси, *3, 4* – вывода легкой и тяжелой жидкой фазы; *5* – перегородки; *6* – отсек для сбора тяжелой жидкой фазы; *7* – камера для сбора легкой жидкой фазы; *8* – приемный короб; *9* – перегородка; *10* – отстойные отсеки; *11* – переливные планки; *12* – резьбовые соединения; *13* – наклонные пластины

через патрубки *4* вывода тяжелой жидкой фазы выводится из разделителя. Отделившаяся легкая фаза перетекает в камеры *7* сбора легкой жидкой фазы и через патрубки *3* вывода легкой жидкой фазы выводится из устройства.

Эффективность

Предложенная конструкция устройства для разделения жидкостных смесей позволяет повысить эффективность процесса разделения. Техническое решение внедрено в промышленность.

Разработчик

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

Литература

Авторское изобретение № 1173590, БИ № 2, 1994 (Автор Г.К. Зиберт).

6.9. ТРЕХФАЗНЫЙ РАЗДЕЛИТЕЛЬ

Краткое описание

Предложенный трехфазный разделитель применяется в частности для разделения нефти, углеводородного конденсата и газа.

На рис. 6.9, *а, б* изображены варианты выполнения трехфазного разделителя.

В предложенном разделителе осуществляют разделение газожидкостной смеси, состоящей из сырого газа, углеводородного конденсата и диэтиленгликоля, который подают в исходный поток для разделителя в качестве ингибитора гидратообразования. Эта смесь по плотности представляет собой три фазы: легкую – сырой газ, среднюю (жидкая) – конденсат и тяжелую (жидкая) – диэтиленгликоль.

Трехфазный разделитель работает следующим образом.

Газожидкостный поток поступает через патрубок *2* в корпус *1*, где жидкость с помощью гравитационных сил разделяется, и легкая жидкость выводится из отсека *3* через патрубок *5*. Газ, содержащий капельную жидкость, попадает на каплеотбойник *8* и выводится из аппарата через патрубок выхода газа. Гликоль собирается в отсек *4* тяжелой фазы, откуда отводится через патрубок *6*.

В случае прекращения подачи диэтиленгликоля в исходный поток газа (засорение форсунки, выход из строя насоса, отключение электроэнергии и др.) на каплеотбойнике *8* образуются гидраты, изменяется сечение отбойника, повышается гидравлическое сопротивление отбойника и перепад давления на нем. Это приводит к нарушению работы сетчатого отбойника, выходу его из строя, а следовательно, и к снижению эффективности разделения газа и жидкости на выходе из аппарата, т.е. увеличивается унос жидкости с газом.

Чтобы предотвратить снижение эффективности разделения при прекращении подачи ингибитора гидратообразования в исходный поток, предложено использовать энергию от перепада давления на отбойнике, подавать на отбойник ингибитор из отсека *4* тяжелой фазы. Для осуществления этого приема в предлагаемом устройстве выполнена гидрозатворная трубка *9* или перегородка *10*.

В случае забивания пор развитой поверхности каплеотбойника *8* при гидратообразовании увеличивается давление в аппарате. При этом повышается уровень жидкости в трубке *9* и эта жидкость, попадая на пористую поверхность каплеотбой-

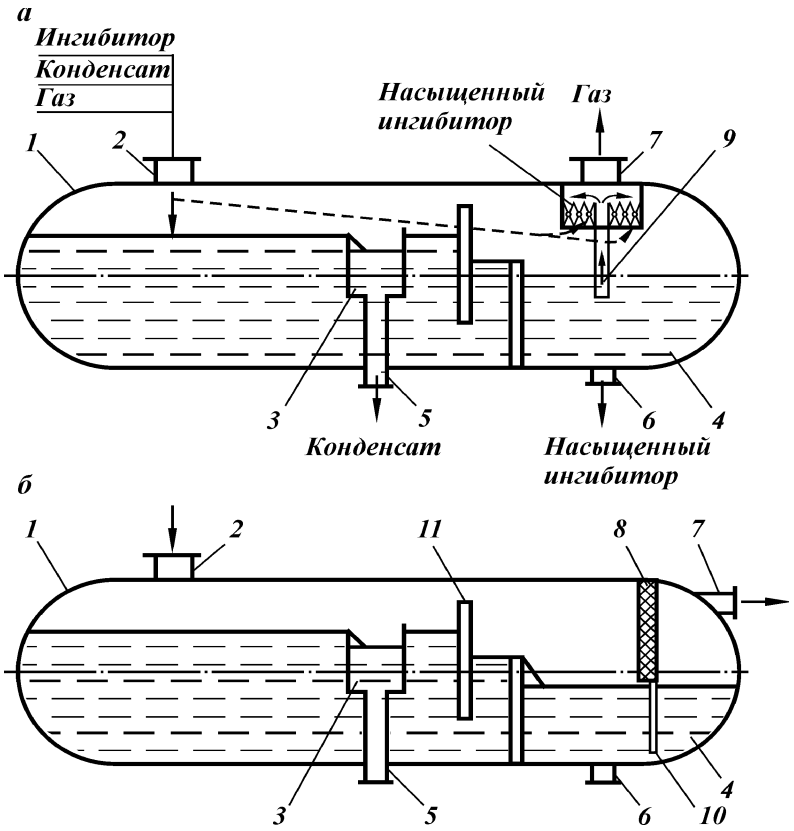


Рис. 6.9. Варианты выполнения трехфазного разделителя:
1 – корпус аппарата; патрубки: *2* – для газожидкостного потока, *5* – для отвода легкой жидкости, *6* – для отвода тяжелой жидкости, *7* – выхода газа; *3, 4* – отсеки сбора легкой и тяжелой фазы; *8* – сепарационное устройство; *9* – гидрозатворная трубка; *10, 11* – перегородки

ника *8*, растворяет образовавшиеся гидраты и очищает каплеотбойник.

Эффективность

В предложенном трехфазном разделителе эффективность разделения увеличивается за счет предотвращения уноса жидкой капельной фазы с газом. Повышается надежность работы аппарата за счет предохранения пористой поверхности каплеотбойника от разрушения. В связи с увеличением эффективно-

сти разделения и надежности аппарата увеличивается межремонтный срок работы аппарата, что позволяет снизить эксплуатационные расходы на периодические его остановки, связанные с ремонтом. Техническое решение используется в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1358131, БИ № 2, 1994 (Авторы: Г.К. Зиберт, К.Р. Гарайзуев).

6.10. АППАРАТ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Краткое описание

Предложенный аппарат (рис. 6.10) относится к аппаратам гравитационного разделения и дегазации нерастворяющихся жидкостей различной плотности.

Аппарат состоит из корпуса *1*, внутри которого расположена отстойная зона *2*. Отсеки сбора легкой *3* и тяжелой *4* фазы разделены перегородками *5* и *6*. К перегородке *6*, выполненной в нижней части с окном *7*, а в верхней – с боковыми вырезами *8*, примыкает П-обраная переточная камера *9*, в центральной части которой установлена переливная перегородка *10*, высоту которой можно менять в зависимости от разницы плотностей и соотношения легкой и тяжелой фаз для поддержания заданного межфазного уровня в отстойной зоне *2*.

В нижней части корпуса *1* размещен сборник *11* тяжелой жидкой фазы. Отсеки сбора легкой *3* и тяжелой *4* фаз снабжены соответственно патрубками *12* и *13* выхода жидкости. У входа в отстойную зону *2* установлен патрубок *14* ввода газожидкостной смеси с устройством *15* ввода жидкости. Патрубок *16* выхода газа снабжен вертикальным сетчатым отбойником *17*.

Аппарат работает следующим образом.

Газожидкостная смесь по входному патрубку *14* через устройство *15* ввода жидкости поступает в отстойную зону *2*, где происходит гравитационное разделение и разгазирование газожидкостной смеси. Избыточное количество легкой жидкой фа-

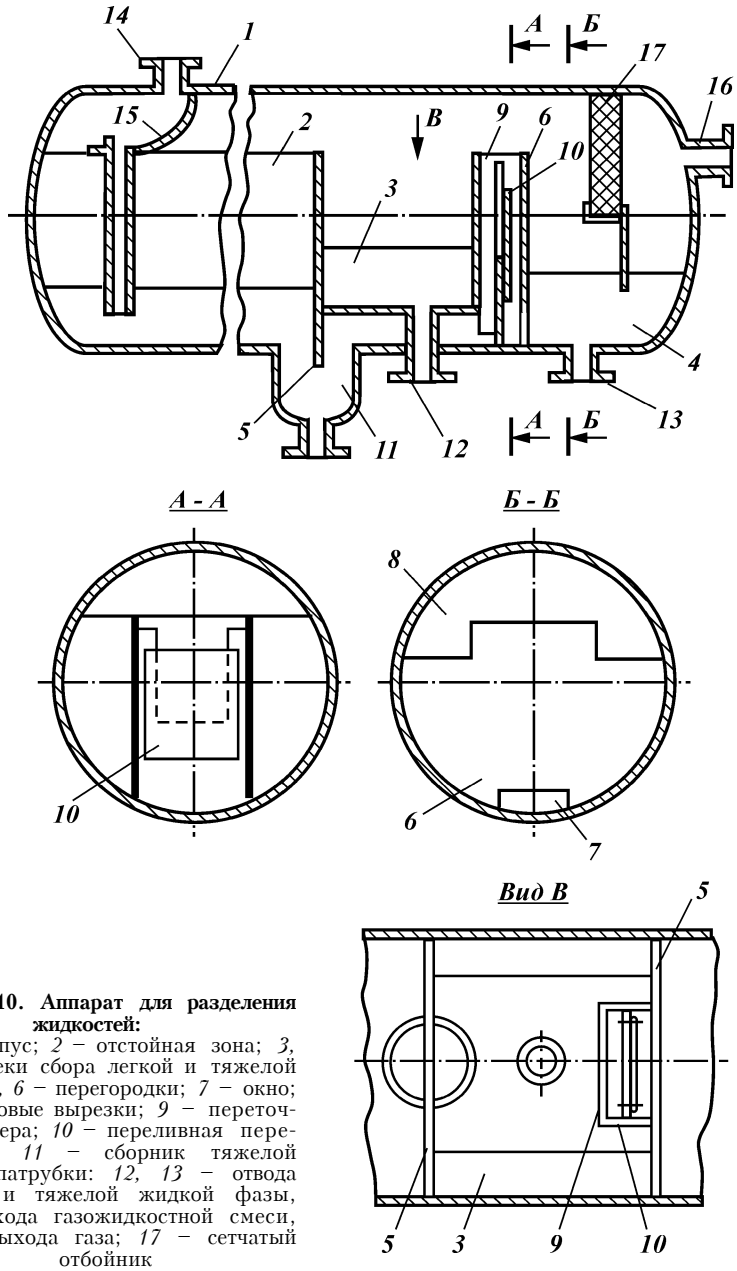


Рис. 6.10. Аппарат для разделения жидкостей:
1 – корпус; *2* – отстойная зона; *3, 4* – отсеки сбора легкой и тяжелой фазы; *5, 6* – перегородки; *7* – окно; *8* – боковые вырезки; *9* – переточная камера; *10* – переливная перегородка; *11* – сборник тяжелой фазы; патрубки: *12, 13* – отвода легкой и тяжелой жидкой фазы, *14* – входа газожидкостной смеси, *16* – выхода газа; *17* – сетчатый отбойник

зы через перегородку *5* поступает в отсек *3* сбора легкой фазы, из которого отводится по уровню через патрубок *12*. Отстоявшаяся тяжелая фаза из сборника *11* по каналу, образованному дном отсека сбора легкой фазы и нижней частью корпуса *1*, поступает в переточную камеру *9*, затем через перегородку *10* перелива и окно *7* поступает в отсек *4* сбора тяжелой фазы и отводится оттуда через патрубок *13*. Слой легкой фазы, накапливающийся с течением времени в отсеке *4* сбора тяжелой фазы за счет поднятия верхнего уровня в этом отсеке до боковых вырезов *8* в перегородке *6*, переливается в отсек *3* сбора легкой фазы. Газ выветривания проходит через вертикальный сетчатый отбойник *17* и отводится из аппарата через патрубок *16*.

Эффективность

За счет исключения попадания накопившейся легкой фазы в линию отбора тяжелой жидкой фазы, значительно улучшается эффективность разделения тяжелой фазы и, соответственно, повышается производительность аппарата. Техническое решение используется в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1414403, БИ № 29, 1988 (Авторы: Ю.А. Суханов, Г.К. Зиберт).

6.11. УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНОЙ СМЕСИ

Краткое описание

Предложенное устройство (рис. 6.11) относится к устройствам для разделения смесей газ – жидкость – жидкость.

Устройство работает следующим образом.

Исходная смесь через патрубок *2* поступает во внутреннюю полость корпуса *1* в канал *15*, газ выводится из канала вверх,

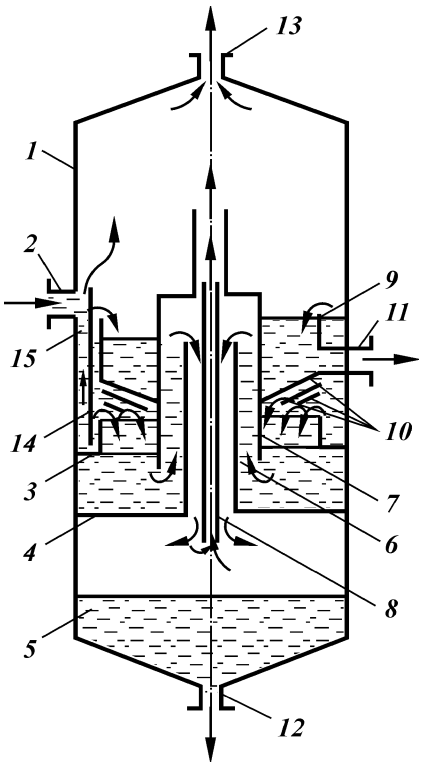


Рис. 6.11. Устройство для разделения трехфазной смеси:
1 – корпус; *2* – входной патрубок; *3* – распределительный короб; *4* – жесткая диафрагма; *5* – отстойник; *6* – патрубок; *7* – перегородка; *8* – дренажная трубка; *9* – переливная перегородка; *10* – пластины; *11, 12, 13* – патрубки выхода легкой и тяжелой жидкости, газа; *14* – пластина; *15* – канал для перетока жидкой смеси и выхода газа

а жидкость поступает в короб *3*. С помощью короба *3* жидкая смесь равномерно распределяется по периметру корпуса, где потом происходит ее разделение за счет гравитационных сил. Легкая жидкая фаза, пройдя отстойное пространство между пластинами *10*, направляется в канал, образованный корпусом *1* и перегородкой *9*, где накапливается столб конденсата. Затем газ отводится через патрубок *13*, а конденсат переливается через верхнюю кромку перегородки *9*, собирается в пространстве между перегородками *9* и *7* и по мере накопления отводится через патрубок *11*. В пространстве между пластинами *10* происходит отделение выветренного газа и конденсата от тяжелой жидкости.

Тяжелая жидкость по нижележащим пластинам *10* отводится вниз, откуда под действием гидростатических сил вытесняется через переливной патрубок *6*, установленный на диафрагме *4*, в отстойник *5*, откуда отводится по мере накопления че-

рез патрубок *12*. Газ выветривания из отстойника *5* дренируется через трубку *8*.

Эффективность

Трехфазные смеси с низким содержанием газа и преобладающим содержанием тяжелой фазы часто образуются в современной технологии добычи и переработки нефтяного газа. Например, насыщенный этиленгликоль, поступающий на регенерацию из установок осушки газа, содержит до 10 % углеводородов, которые при атмосферном давлении частично переходят в газ. Использование предложенного устройства для разделения таких смесей позволяет значительно снизить безвозвратные потери этиленгликоля за счет качественного отбора легкой жидкости и повысить эффективность и надежность блока регенерации за счет качественного отделения этиленгликоля от углеводородного конденсата. Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1429375, БИ № 2, 1994 (Авторы: Г.К. Зиберт, С.И. Бойко).

6.12. ОТСТОЙНИК

Краткое описание

Предложенный отстойник (рис. 6.12) используется для разделения несмешивающихся жидкостей различной плотности, содержащих твердые примеси.

Устройство работает следующим образом.

Исходная смесь, например углеводородный конденсат – этиленгликоль, через патрубок *2* поступает в зону *3* отстоя, расположенную в корпусе *1*. Тяжелая жидкость под действием силы тяжести осаждается вниз, увлекая за собой легкую жидкость и образуя донное течение вдоль нижней образующей корпуса *1*. Крупные капли тяжелой фазы и твердые примеси отделяются от потока и дренируются, направляемые поперечной перегородкой *8* в отсек *4* для сбора тяжелой жидкости, от-

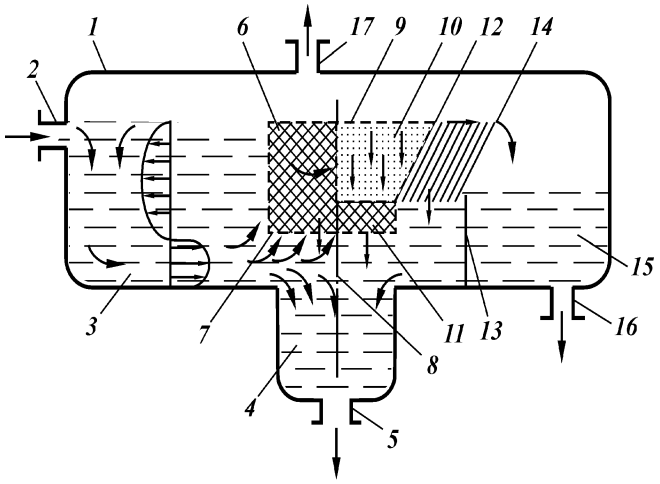


Рис. 6.12. Отстойник для разделения двух несмешивающихся жидкостей:
1 – корпус; патрубки: *2* – подачи исходной смеси, *5* – выхода тяжелой жидкости, *16* – выхода легкой жидкости, *17* – дренажный; *6* – сетчатый пакет; *7* – перфорированная полка; *8* – дополнительная перегородка; *9* – насадка; *10, 11* – слои волокон; *12* – диафрагма; *13* – переливная перегородка; *14* – пакет пластин; *15* – отсек для сбора легкой жидкости

куда удаляются через патрубок *5*. Основной поток и не осевшие капли дисперсной фазы поперечной перегородкой *8* направляются в сетчатый пакет *6*, расположенный выше донного течения на перфорированной полке *7*. В сетчатом пакете капли дисперсной фазы коалесцируют из восходящего потока на поверхности материала сетки и между собой и под действием силы тяжести стекают вниз через перфорированную полку *7* в отсек *4* для сбора тяжелой жидкости.

Далее поток легкой жидкости и не отделившиеся капли дисперсной фазы (в основном, фракции вторичной дисперсии – менее 50 мкм) поступают в волокнистую пористую насадку *9*, в пористый слой *10* супертонкого волокна (например, стекловолокна марки СТВ, диаметр волокон которого 5–10 мкм), где происходит коалесценция легкодисперсных капель. Капли укрупняются до размеров первичной дисперсии (более 50–100 мкм). Затем в пористом слое *11* из более крупных волокон капли укрупняются до миллиметровых размеров. Далее поток с помощью диафрагмы *12* на 180° меняет направление движения. За счет инерционных сил происходит сепарация крупных капель. Доочистка легкой жидкости происходит в пакете *14* наклонных пластин, тяжелая дисперсная фаза осаждается

вниз и далее направляется в накопительный отсек *4*, а легкая жидкость через переливную перегородку *13* попадает в накопительный отсек *15*, откуда по мере накопления удаляется через патрубок *16*.

Эффективность

Предложенный отстойник позволяет повысить эффективность разделения, так как обеспечивает более эффективное использование полезного объема зоны отстоя тяжелой жидкости, т.е. позволяет организовать в ней в сравнительно малых объемах многоступенчатое высокоэффективное разделение двух жидкостей.

На установках низкотемпературной конденсации для разделения смесей газ – конденсат – этиленгликоль использование предложенного отстойника позволяет значительно снизить безвозвратные потери дорогостоящего ингибитора этиленгликоля с конденсатом. Техническое решение используется при модернизации технологического оборудования.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 1457203 (Авторы: Л.М. Мильштейн, С.И. Бойко, Е.П. Запорожец, Г.К. Зиберт, В.П. Чумак, Н.П. Игнин).

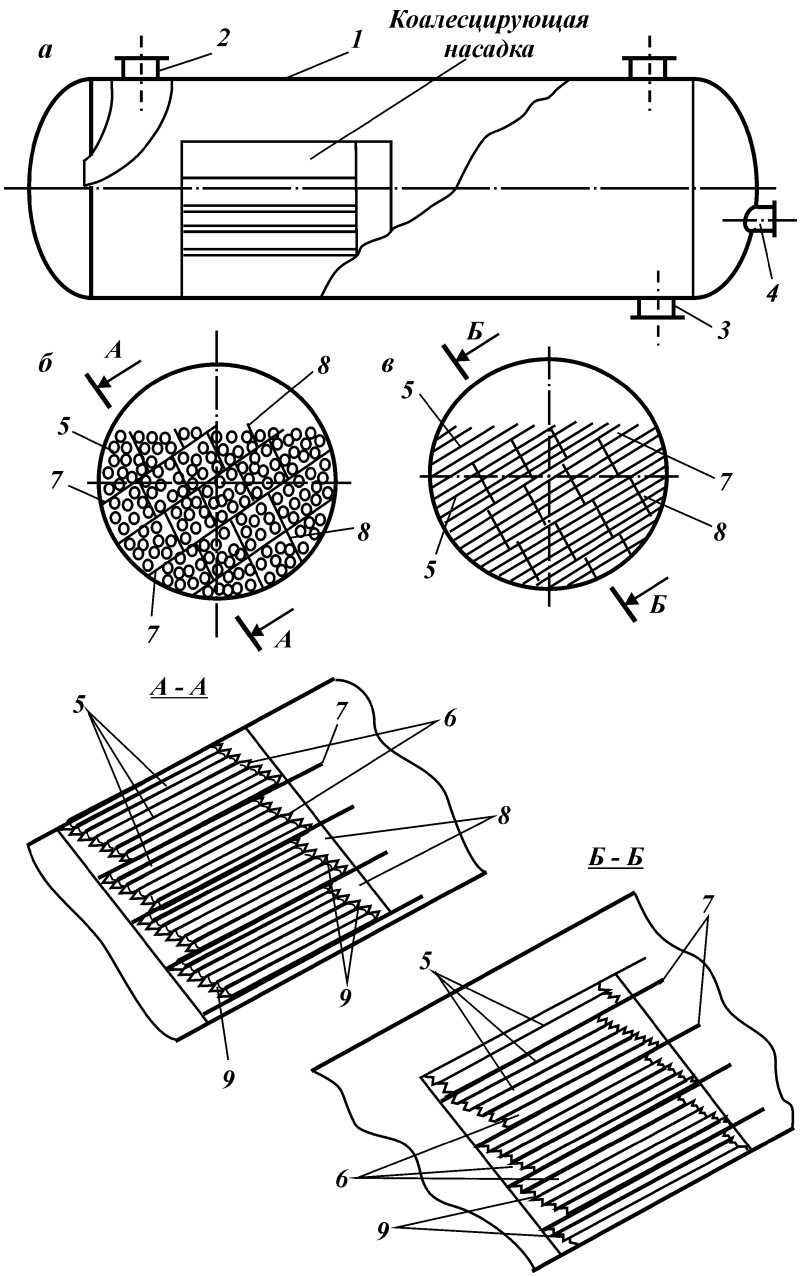
6.13. РАЗДЕЛИТЕЛЬ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ

Краткое описание

Предложенный разделитель относится к процессам разделения несмешивающихся жидкостей и используется в установках низкотемпературной сепарации, конденсации, ректификации природного и нефтяного газа.

На рис. 6.13, *а–в* представлены фазные разделители различного типа.

Рис. 6.13. Разделитель несмешивающихся жидкостей:
а – фазный разделитель с коалесцирующей насадкой; *б* – разделитель с коалесцирующими элементами, выполненными в виде труб; *в* – разделитель с коалесцирующими элементами, выполненными в виде наклонных перегородок. *1* – корпус; *2, 3, 4* – патрубки входа смеси и выхода разделенных фаз; *5* – коалесцирующие элементы; *6* – секции; *7, 8* – перегородки; *9* – сетка


а
Коалесцирующая насадка
1
2
3
4
б
А
А
5
7
8
8
7
в
Б
Б
5
7
8
5
А - А
5
7
6
8
9
9
Б - Б
7
5
6
9

Разделитель работает следующим образом.

Исходная смесь с дисперсной легкой фазой, в которой распределена дисперсная тяжелая фаза, подается через патрубок *2* в цилиндрический корпус *1* разделителя и, равномерно распределяясь между секциями *6*, образованными наклонными перегородками *7* и *8*, через коалесцирующую сетку *9* поступает в горизонтальные каналы коалесцирующих элементов *5* (трубчатое пространство или пространство между пластинами).

При этом мелкодисперсная тяжелая фаза оседает в каналах, а легкая всплывает. Рекомендуемая высота канала не более 20 мм, что позволяет увеличить скорость движения смеси по сравнению с разделителями без коалесцирующих элементов. Осевшая тяжелая фаза движется в нижней части каналов, а дисперсная легкая фаза – в верхней части этих каналов. Поскольку в каждой секции *6* коалесцирующие элементы *5* смещены относительно друг друга, то разделенные фазы при выходе из одного канала не смешиваются с разделенными фазами при выходе из другого канала.

Отделенная легкая фаза скапливается на нижней стороне вышележащей перегородки *7* секции *6* и восходящим потоком движется по ней в верхнюю часть разделителя. Отделенная тяжелая фаза скапливается на верхней стороне нижележащей наклонной перегородки *7* и нисходящим потоком спускается в нижнюю часть разделителя.

Эффективность

Эффективность разделения несмешивающихся жидкостей достигается за счет организации выхода разделенных фаз. Техническое решение используется в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1502046, БИ № 31, 1989 (Авторы: Г.К. Зиберт, А.В. Лапшина).

6.14. ОТСТОЙНИК

Краткое описание

Предложенный отстойник (рис. 6.14) относится к аппаратам для разделения двух несмешивающихся жидкостей разной плотности, содержащих твердые примеси.

Отстойник состоит из корпуса *1* с зоной отстоя *2*, в которой размещен отсек для сбора легкой жидкости *3*, выполненный в виде короба *4*, к боковым стенкам *5* которого присоединен сетчатый каплеотбойник *6*. Верхняя кромка каплеотбойника размещена выше стенок короба *4* и выше расчетного уровня жидкости в зоне отстоя *2*. Каплеотбойник *6* выполнен в виде сетчатого мата, толщина которого составляет $(0{,}5–1)h$, где h – высота сетчатого мата. Перед каплеотбойником *6* установлен пакет пластин *7*, наклоненных к горизонту под углом более 45°. Кроме того, отстойник имеет отсек *8* для сбора тяжелой жидкости, размещенный ниже зоны отстоя *2*, под отсеком для сбора легкой жидкости *3*. На верхней образующей корпуса *1* установлены входные патрубки *9* и дренажный патрубок *10*, в нижней части корпуса расположены патрубок *11* отвода тяжелой жидкости и патрубок *12* отвода легкой жидкости, который соединен с коробом *4*.

Устройство работает следующим образом.

Исходная смесь, например, углеводородный конденсат – вода, через патрубки *9* двумя потоками поступает в зону отстоя *2*, расположенную в корпусе *1*. Тяжелая жидкость под действием силы тяжести осаждается вниз, увлекая за собой легкую жидкость и образуя донное течение вдоль нижней образующей корпуса *1*. Крупные капли тяжелой фазы и твердые примеси отделяются в отсек *8* для сбора тяжелой жидкости, откуда удаляются через патрубок *11*. Основной поток легкой жидкости (воды) и не осевшие капли дисперсной фазы тяжелой жидкости (конденсата), а также частично твердые примеси направляются в пакет наклонных пластин *7*, где за счет циркуляционного течения из потока отделяются твердые примеси и основная масса дисперсной фазы тяжелой жидкости. Отделившиеся фракции сползают по пластинам вниз и стекают в расположенный под пластинами отсек *8* для сбора тяжелой жидкости. Основной поток легкой жидкости, пройдя пластины *7*, поступает в сетчатый каплеотбойник *6*, где происходит отделение мелкодисперсных капель тяжелой жидкости от основного потока, которые стекают в нижнюю часть корпуса и далее в отсек *8*. Очищенная легкая жидкость стекает по всему периметру

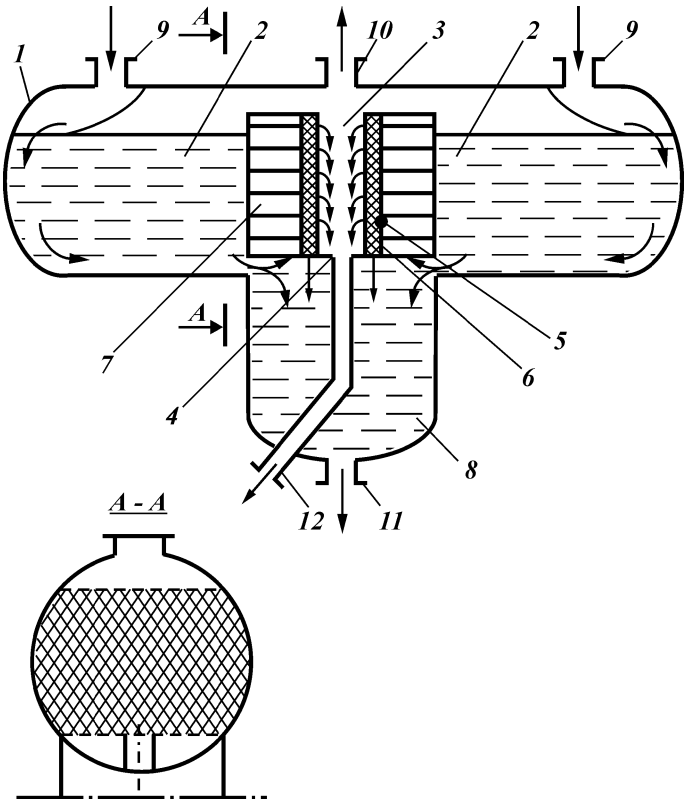


Рис. 6.14. Отстойник:
1 – корпус; *2* – зона отстоя; *3* – отсек для сбора легкой жидкости; *4* – короб; *5* – боковые стенки короба; *6* – каплеотбойник; *7* – пакет пластин; *8* – отсек для сбора тяжелой жидкости; патрубки: *9* – входные, *10* – дренажный, *11* – отвода тяжелой жидкости, *12* – отвода легкой жидкости

стенок *5* в короб *4*, из которого дренируется через патрубок *12*.

Эффективность

Предложенная конструкция позволяет повысить надежность работы отстойника в целом при меньших габаритах. Техническое решение используется в промышленности.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 1610614, БИ № 7, 1996 (Авторы: С.И. Бойко, Л.М. Мильштейн, Ю.Д. Молянов, Л.Н. Лиханова, Г.К. Зиберт, В.И. Гибкин, К.Р. Гарайзуев).

6.15. РАЗДЕЛИТЕЛЬ ЖИДКОСТЕЙ

Краткое описание

Предложенный разделитель жидкостей относится к аппаратам гравитационного разделения и дегазации несмешивающихся жидкостей различной плотности.

На рис. 6.15 представлены различные разделители жидкости.

Разделитель работает следующим образом.

Смесь через штуцер *2* поступает в отсек *6* гравитационного разделения, где под действием гравитационных сил происходит разделение и разгазирование газожидкостной смеси, так как ее составляющие имеют разные плотности. Отделенная легкая фракция выводится из аппарата через штуцер *4*, а отстоявшаяся тяжелая фракция по трубе *9* переливного устройства поступает в отсек *7* и выводится из аппарата через патрубок *3*. Газ выветривания проходит через сетчатый отбойник *12* и отводится через патрубок *14*.

При работе разделителя в иных условиях возможны изменения плотности и состава смеси, что приводит к изменению положения границы раздела фаз. Выполнив переливное устройство так, что оно может перемещаться по поперечной перегородке *5* вверх или вниз, получим возможность держать уровень раздела фракций постоянным и тем самым держать соответствующую высоту зоны отстоя фракций.

Эффективность

Предложенное техническое решение повышает эффективность разделения при изменении плотности и состава смеси за счет поддержания заданного межфазного уровня, снижается удельная металлоемкость аппарата, увеличивается ресурс его работы за счет удобства обслуживания при ревизии и соответственно выход продукта, расширяется область использования на различных месторождениях с различными плотностями жидкостей, упрощается конструкция аппарата, уменьшаются

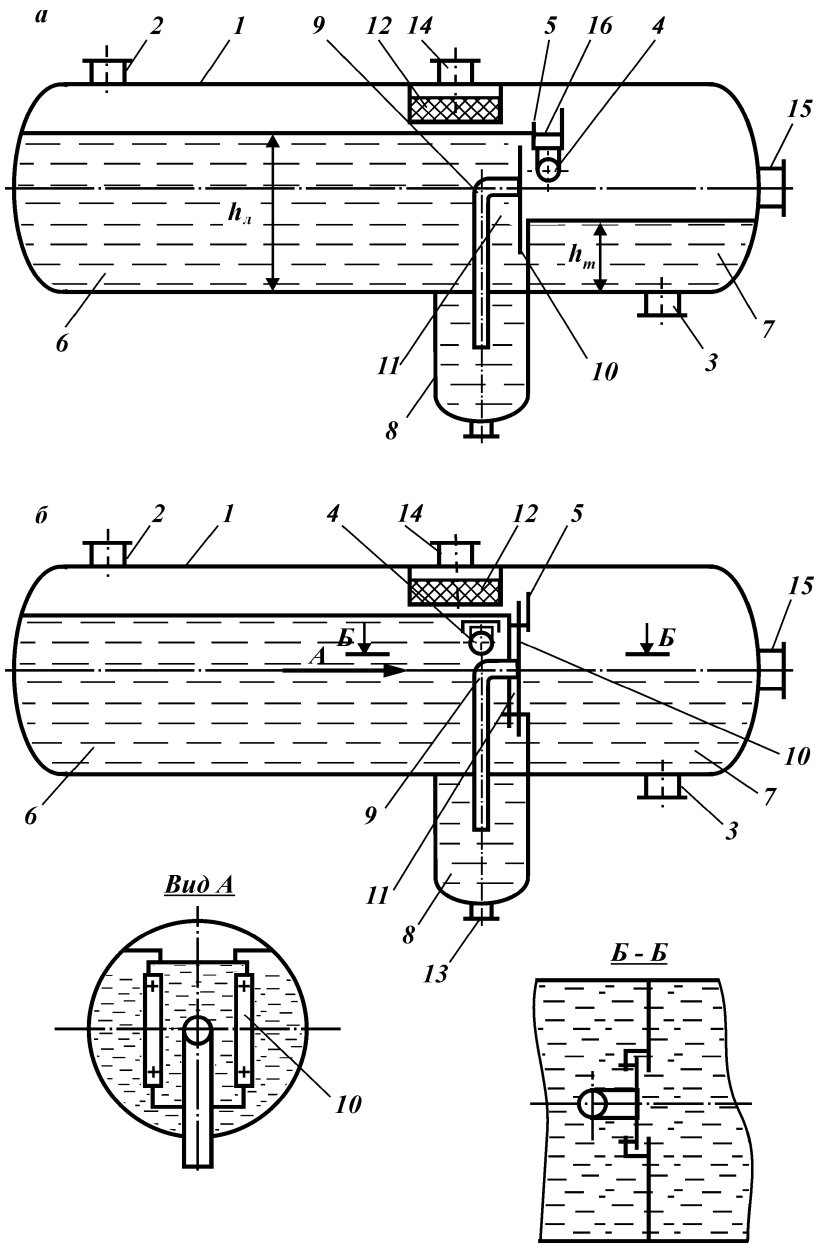

а
2
1
9
12
14
5
16
4
15
$h_л$
h_m
6
11
10
3
7
8
б
2
1
4
14
12
5
15
Б
А
Б
10
6
9
7
3
11
8
13
Вид А
10
Б - Б

Рис. 6.15. Разделители жидкости:
а – с отсеком сбора легкой фракции; *б* – с патрубком сбора легкой фракции в верхней части отсека.
1 – корпус; патрубки: *2* – входа смеси, *3* – выхода тяжелой фракции, *4* – выхода легкой фракции; *5* – перегородка; *6, 7, 8* – отсеки отстоя и сбора тяжелой фракции; *9* – переливное устройство; *10* – подвижная перегородка; *11* – паз; *12* – сетчатый отбойник; *13* – дренажный штуцер; *14* – штуцер выхода газа; *15* – люк-газ; *16* – отсек сбора легкой фракции

его габариты. Техническое решение используется в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1736542, БИ № 20, 1992 (Авторы: К.Р. Гарайзуев, Г.К. Зиберт, Ю.А. Суханов).

ê‡Á‰ÂÎ 7

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕСЯ В ПРОЦЕССАХ ПОЛУЧЕНИЯ ХОЛОДА

7.1.1. СПОСОБ НАГНЕТАНИЯ ЖИДКОСТИ ПУЛЬСАЦИОННЫМ АППАРАТОМ И ПУЛЬСАЦИОННЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Краткое описание

Способ нагнетания жидкости пульсационным аппаратом используется для получения холода в установках сбора, подготовки и переработки углеводородных газов.

Способ нагнетания жидкости реализуется в пульсационном аппарате. На рис. 7.1 представлен пульсационный аппарат для нагнетания жидкости.

Аппарат содержит корпус 1 с подводящим и отводящим газ патрубками 2, 3 и полузамкнутыми емкостями 4, закрепленными своими открытыми концами внутри корпуса 1, а также установленное внутри корпуса 1 с возможностью вращения газораспределительное устройство 5 с соплами 6. Сопла 6 установлены с наклоном. Пульсационный аппарат содержит расширительную камеру 7. Газораспределительное устройство 5 имеет канал 8 с отверстиями 9, 10 и 11 для отвода газа из полузамкнутых емкостей 4 в расширительную камеру 7. Аппарат дополнительно снабжен камерами 12, 13 с патрубками 14, 15 для низконапорной и высоконапорной жидкостей, глухой конец 16 каждой полузамкнутой емкости снабжен двумя клапанами 17, 18, клапан 17 при этом подключен к камере 12 с низконапорной жидкостью, а клапан 18 – к камере 13 с высоконапорной жидкостью.

Кроме того, каждая полузамкнутая емкость 4 дополнительно снабжена сильфоном 19, разделяющим полузамкнутую емкость 4 на две части, одна из которых подключена к полости корпу-

са 1, а другая сообщается через клапаны 17, 18 с камерами 12, 13 для низконапорной и высоконапорной жидкостей.

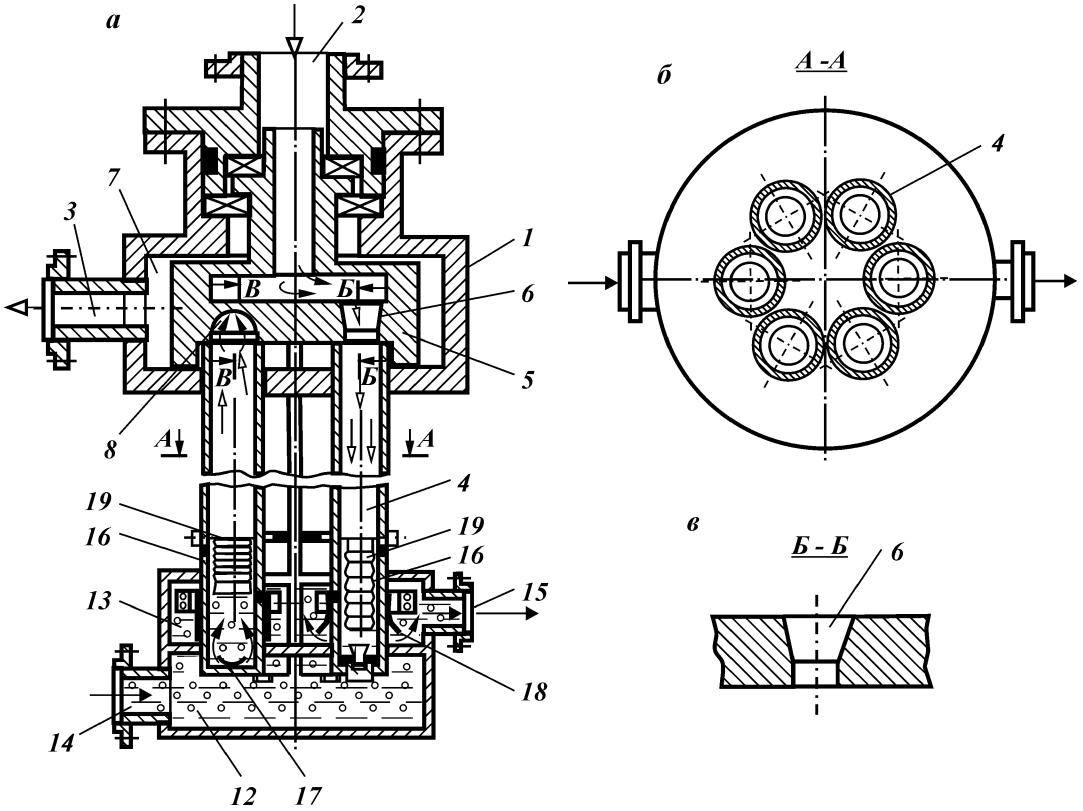
Клапаны 17, 18, выполненные в виде вихревых элементов, имеют тангенциальный 20 и радиальный 21 каналы, при этом один из вихревых элементов 17 подключен радиальным каналом 20 к камере с низконапорной жидкостью, а тангенциальным каналом – к полузамкнутой емкости. Второй вихревой элемент 18 подключен радиальным каналом 21 к полузамкнутой емкости 4, а тангенциальным каналом 20 к камере 13 с высоконапорной жидкостью.

Таким образом, в пульсационном аппарате одновременно с охлаждением газа производится перемещение и нагнетание жидкости и газожидкостной смеси.

Устройство работает следующим образом.

Исходный газ с давлением 8,0 МПа и температурой 300 К подают через патрубок 2 во вращающееся против часовой стрелки газораспределительное устройство 5. Момент вращения газораспределительному устройству 5 сообщает реактивное усилие, возникающее при истечении исходного газа из наклонно установленных сопел 6 в полузамкнутые емкости 4. Истекая из сопла 6, исходный газ поочередно ударно заполняет полузамкнутые емкости 4. При ударном заполнении газ сжимается в полузамкнутых емкостях 4 и нагревается до температуры 450 К. Нагретый газ передает свое тепло стенкам полузамкнутых емкостей 4. Тепло отводится от полузамкнутых емкостей 4 конвекцией окружающего воздуха, имеющего температуру 238 К. По мере вращения газораспределительного устройства 5 к заполненным полузамкнутым емкостям 4 подходит канал 8 с отверстиями 9, 10 и 11, через которые сбрасывается из полузамкнутых емкостей 4 газ в расширительную камеру 7, давление в которой равно 3,5 МПа. В расширительной камере 7 газ расширяется и при этом охлаждается до температуры 264 К. Клапан 17 под действием разрежения открывается, газ из камеры 12 всасывается в полузамкнутые емкости 4 жидкостью под давлением 3,55 МПа. А при ударном заполнении полузамкнутых емкостей 4 исходным газом, подаваемым из сопел 6, давление жидкости повышается примерно до 7,5 МПа. Под действием этого давления клапан 18 открывается, а клапан 17 закрывается, и жидкость исходным газом вытесняется в камеру 13. При всасывании жидкости клапан 18 закрыт под действием разности давлений в камере 13 и полузамкнутых емкостях 4. Низконапорная жидкость покидает камеру 13 через патрубок 15.

При высоком числе оборотов газораспределительного ус-


а
2
7
3
1
6
5
В
Б
В
Б
8
А
А
4
19
16
19
16
13
15
18
14
12
17
б
А -А
4
в
Б - Б
6

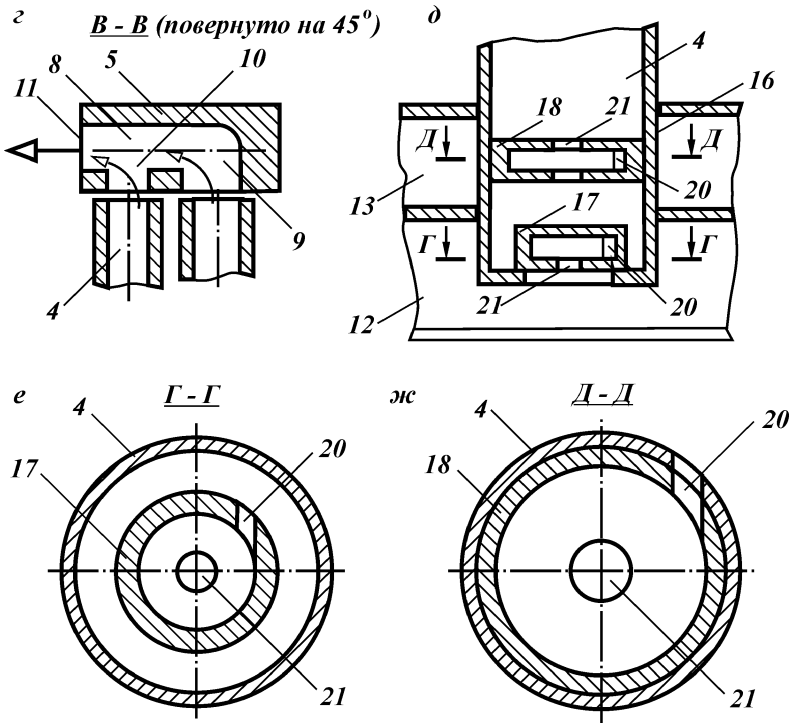


Рис. 7.1. Пульсационный аппарат для нагнетания жидкости:

‡ – фронтальный разрез аппарата; **·** – разрез в плане (Ä–Ä); **¸** – местный разрез (**Å–Å**); **„** – местный разрез (**Ç–Ç**); **‰, Â, Ê** – выполнение клапанов в виде вихревых элементов.

1 – корпус; 2, 3 – подводящий и отводящий газ патрубки; 4 – полузамкнутые емкости; 5 – газораспределительное устройство; 6 – сопла; 7 – расширительная камера; 8 – канал; 9, 10, 11 – отверстия для отвода газа; 12, 13 – камеры; 14, 15 – патрубки для низконапорной и высоконапорной жидкостей; 16 – глухой конец полузамкнутой емкости; 17, 18 – клапаны; 19 – сильфон; 20, 21 – тангенциальный и радиальный каналы

тройства 5 процесс ударного заполнения газом полузамкнутых емкостей 4 и сбросе из них газа в расширительную камеру 7 протекает очень быстро и достигает 50 Гц. При такой частоте конструкции клапанов 17 и 18, содержащие движущиеся механические детали, не успевают срабатывать и перекачивания жидкости не происходит. Выполнение клапанов 17 и 18 в виде вихревых элементов позволяет решить задачу по перекачке жидкости при частоте заполнения и сброса газа из полузамкнутых емкостей, равной 50 Гц.

Работают вихревые клапаны 17, 18 следующим образом. При сбросе газа жидкость через радиальное отверстие 21 попадает в полость клапана 17 и через тангенциальный канал 20 – в полость полузамкнутой емкости 4. Давление жидкости в данном случае обусловливается только потерями давления на изменение направления движения под углом 90°. При ударном заполнении газом полузамкнутых емкостей 4 обратное движение жидкости из полузамкнутых емкостей 4 через клапан 17 осуществляется следующим образом. Жидкость попадает через тангенциальный канал 20 в полость клапана 17 и приобретает вращательное движение, при котором сопротивление клапана в несколько раз больше, чем при прямолинейном движении жидкости. Поэтому количество жидкости, вытекающей из полузамкнутых емкостей 4 при ударном заполнении ее газом, меньше количества жидкости, поступающей в полузамкнутые емкости при сбросе газа из полузамкнутых емкостей 4. Клапан 18 работает следующим образом. Жидкость под действием ударного воздействия газа проходит через радиальный канал 21 и через тангенциальный канал 20 клапана 18 в камеру 13. При этом движение жидкости прямолинейное и сопротивление клапана небольшое. При сбросе газа из полузамкнутых емкостей 4 жидкость из камеры 13 поступает в тангенциальный канал 20 в полость клапана 18 и приобретает вращательное движение, при котором сопротивление клапана возрастает. Поэтому количество жидкости, которое поступает в камеру 13 через клапан 18 из полузамкнутых емкостей 4 при ее ударном заполнении газом, больше, чем количество жидкости, проникающей из камеры 14 в полузамкнутые емкости 4 при сбросе из нее газа в расширительную камеру 7. Таким образом осуществляется перекачивание жидкости с помощью клапанов 17, 18, выполненных в виде вихревых элементов.

Наличие сильфона 19, разделяющего полузамкнутую емкость 4 на две полости, одна из которых входит внутрь корпуса 1, а другая сообщается через клапаны 17, 18 с камерами 12, 13 позволяет перекачать жидкости, содержащие газ без смеши-

вания газовой части последней с исходным газом, подаваемым в полузамкнутую емкость. Таким образом, наряду с охлаждением газа в пульсационном аппарате реализуется перемещение и нагнетание газожидкостной смеси.

Эффективность

Расширение функциональных возможностей аппарата и повышение его эффективности достигается за счет более полного использования энергии, выделяющейся при ударном заполнении полузамкнутых емкостей и последующем сбросе газа в расширительную камеру, подаче жидкости при сбросе газа и отборе при ударном заполнении.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2075013, БИ № 7, 1997 (Авторы: Е.П. Запорожец, Г.К. Зиберт).

7.1.2. СПОСОБ ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА И ПУЛЬСАЦИОННЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Краткое описание

Предложенный пульсационный аппарат относится к струйной технике, используется для получения холода в установках сбора, подготовки и переработки углеводородных газов.

Способ охлаждения газа реализуется в пульсационном аппарате (рис. 7.2).

Пульсационный аппарат для охлаждения газа состоит из корпуса 1 с подводящим исходный газ и отводящим охлажденный газ патрубками 2 и 3, полузамкнутых емкостей 4, а также установленного между корпусом 1 и стенкой динамической камеры 10 газораспределительного устройства 5 с соплами 6 для подачи исходного газа в полузамкнутые емкости 4. Кроме того, он содержит расширительную камеру 7, коаксиально разме-

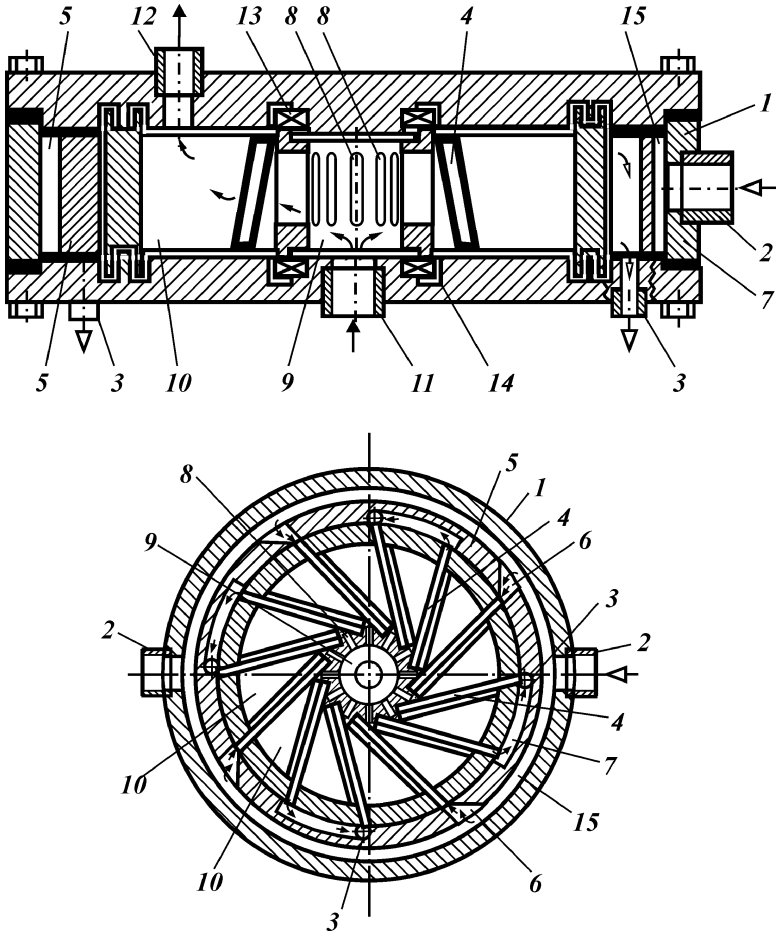


Рис. 7.2. Пульсационный аппарат:
1 – корпус; 2, 3, 11, 12 – патрубки; 4 – полузамкнутые емкости; 5 – газораспределительное устройство; 6 – сопла; 7 – расширительная камера; 8 – отверстия; 9 – форкамера; 10 – динамическая камера

щенные в корпусе 1 и сообщающиеся между собой через отверстия 8 форкамеры 9 и динамическую камеру 10, а также патрубки 11 и 12 для подвода к форкамере 9 и отвода от динамической камеры 10 охлаждающей среды, причем камеры 9 и 10 соединены между собой отверстиями в стенке форкамеры.

Способ охлаждения газа в пульсационном аппарате осуществляется следующим образом. Исходный природный газ с дав-

лением 12,0 МПа и температурой 303 К через патрубок 2 по зазору 15 подают в сопла 6 газораспределительного устройства 5. Истекая из сопел 6 со скоростью примерно 300 м/с, исходный газ ударно заполняет полузамкнутые емкости 4. При ударном заполнении газ внутри емкости нагревается до температуры 608 К. Выделившееся тепло через стенку полузамкнутой емкости передается жидкой охлаждающей среде (диэтиленгликолю), которая поступает через патрубок 11, форкамеру 9 и отверстия 8 в динамическую камеру 10. Температура охлаждающей среды на входе в пульсационный аппарат равна 303 К. При заполнении полузамкнутых емкостей 4 динамическая камера 10 поворачивается вокруг своей оси, приводя в движение охлаждающую среду полузамкнутыми емкостями 4. Энтальпия газа в полузамкнутых емкостях 4 при этом снижается. При повороте динамической камеры 10 открытый конец полузамкнутой емкости 4 достигает расширительной камеры 7. Газ из полузамкнутой емкости 4 сбрасывается в расширительную камеру 7 до давления 7,0 МПа. При сбросе газа возникает реактивное усилие, вращающее динамическую камеру 10 с полузамкнутыми емкостями 4. В камере 7, расширяясь, газ охлаждается до температуры 257 К и покидает пульсационный аппарат через патрубок 3. Охлаждающая среда покидает динамическую камеру 10 через патрубок 12.

Эффективность

Эффективность охлаждения газа повышается за счет высокой теплоотдачи от газа в полузамкнутых емкостях охлаждающей среде и за счет перемешивания окружающей среды путем перемещения полузамкнутых емкостей ударным заполнением их исходным газом с последующим его сбросом в расширительную камеру.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2075012, БИ № 7, 1997 (Авторы: Е.П. Запорожец, Г.К. Зиберт).

7.1.3. СПОСОБ ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА И ПУЛЬСАЦИОННЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Краткое описание

Предложенный пульсационный аппарат (рис. 7.3) относится к струйной технике и используется для получения холода в установках сбора, подготовки и переработки углеводородных газов.

Пульсационный аппарат для охлаждения газа содержит корпус 1 с подводящим 2 и отводящим 3 газ патрубками, полузамкнутые емкости 4, встроенные в корпус 1 и расположенные в одной плоскости, а также газораспределительное устройство 5 с соплами 6, размещенными попарно друг напротив друга в плоскости полузамкнутых емкостей 4, установленное внутри корпуса 1 с возможностью вращения. Отверстия 7 полузамкнутых емкостей 4 выполнены на внутренней поверхности корпуса 1.

Выходные отверстия 8 сопел 6 выполнены на внешней поверхности газораспределительного устройства 5. Внешняя поверхность газораспределительного устройства 5 выполнена прилегающей к внутренней поверхности корпуса 1.

Для уменьшения трения и лучшей герметизации внешняя поверхность газораспределительного устройства и внутренняя поверхность корпуса 1 выполняются из фторопласта. Кроме того, в газораспределительном устройстве 5 расположен эжектор 9, выходы активного 10 и пассивного 11 сопел которого находятся в одной плоскости с отверстиями 7 полузамкнутых емкостей 4. Выход 12 эжектора 9 расположен под углом к плоскости полузамкнутых емкостей 4 в сторону, противоположную направлению вращения газораспределительного устройства. Для установки в рабочее положение газораспределительного устройства 5 служит вал 14, прикрываемый крышкой 15.

Способ охлаждения газа в пульсационном аппарате осуществляется следующим образом.

Исходный газ с давлением 8,0 МПа и температурой 300 К поступает через патрубок 2 во вращающееся по часовой стрелке газораспределительное устройство 5. Первоначальный момент вращения газораспределительному устройству 5 сообщается через вал 14. Истекая из сопел 6 газораспределительного устройства 5, исходный газ поочередно заполняет полузамкнутые емкости 4. При ударном заполнении газ сжимается в полузамкнутых емкостях 4 и нагревается до температуры 450 К.

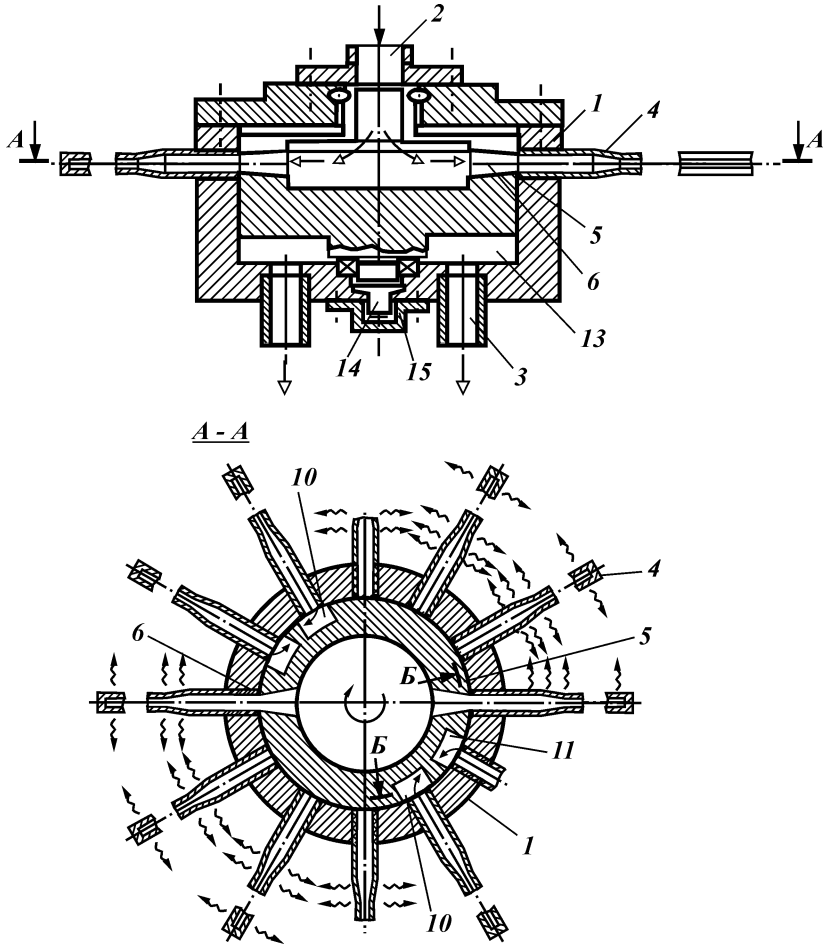
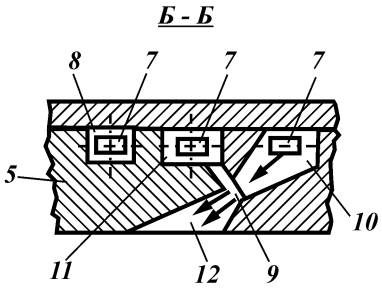


Рис. 7.3. Пульсационный аппарат:
1 – корпус; 2, 3 – подводящий и отводящий газ патрубки; 4 – полузамкнутые емкости; 5 – газораспределительное устройство; 6 – сопло; 7, 8 – отверстия; 9 – эжектор; 10, 11 – выходы активного и пассивного сопел; 12 – выход эжектора; 13 – расширительная камера; 14 – вал; 15 – крышка



Нагретый газ передает свое тепло стенкам полузамкнутых емкостей 4. Тепло (показанное на рис. 7.3 в виде зигзагообразных стрелок) отводится от полузамкнутых емкостей 4 конвекцией окружающего воздуха, имеющего температуру 283 К. По мере вращения газораспределительного устройства 5 к заполненным полузамкнутым емкостям 4 подходит активное сопло 10 эжектора 9. Через активное сопло 7 эжектора 9 сжатый и отдавший тепло газ сбрасывается из полузамкнутой емкости 4 в расширительную камеру 13, в которой давление равно 3,5 МПа. После опорожнения полузамкнутой емкости 4 к ее отверстию 7, расположенному на внутренней поверхности корпуса 1, подходит вход пассивного сопла 11 эжектора 9. Путем эжектирования оставшегося газа в полузамкнутой емкости 4 газом, сбрасываемым через активное сопло 10 эжектора 9 в расширительную камеру 13, создается разрежение перед заполнением полузамкнутой емкости 4. Разрежение в полузамкнутой емкости достигает 1,2–1,3 МПа. В расширительной камере 13 сбрасываемый газ расширяется и при этом охлаждается до температуры 264 К.

Эффективность

Повышение эффективности охлаждения газа достигается тем, что в способе охлаждения газа в пульсационном аппарате, включающем поочередное ударное заполнение полузамкнутых емкостей исходным газом, подаваемым из сопла, и последующее опорожнение полузамкнутых емкостей путем сброса из них газа в расширительную камеру с получением холодильного эффекта, перед заполнением после опорожнения в полузамкнутой емкости создают разрежение путем эжектирования оставшегося в ней газа газом, сбрасываемым в расширительную камеру.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Патент РФ № 2054145, БИ № 4, 1996 (Авторы: Е.П. Запорожец, Л.М. Мильштейн, Г.К. Зиберт, Л.П. Холпанов).

7.1.4. СПОСОБ ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА

Краткое описание

Предложенный способ охлаждения газа используется для получения холода в установках сбора, подготовки и переработки углеводородных газов.

Способ охлаждения газа реализуется в аппарате, фронтальный разрез которого представлен на рис. 7.4, и осуществляется следующим образом.

Исходный газ с давлением 12,0 МПа и температурой 308 К поступает через патрубок 2 в корпус 1. Затем исходный газ через тангенциальные щелевые отверстия 14 поступает в завихритель 9, при этом сообщает последнему момент вращения. Вихрь исходного газа из завихрителя 9 попадает через отверстия 13 в энергоразделительную камеру 10, в которой исходный газ приобретает вихревое течение и разделяется на горячий и холодный потоки. Горячий поток вихревого течения (показан белыми стрелками) стекает по периферии энергоразделительной камеры 10 в газораспределительное устройство 6. Температура горячего потока – 359 К. Холодный поток (показан черными стрелками) занимает внутреннюю часть энергоразделительной камеры 10. Холодный поток с температурой порядка 270–280 К движется по сложной траектории: вначале попутно горячему потоку, затем меняет направление движения на противоположное и, двигаясь вдоль эжекционного патрубка 11, через отверстие 12 поступает в патрубок 3, отводящий газ. Горячий поток через сопла 7 поочередно ударно заполняет полузамкнутые полости 4. При ударном заполнении полузамкнутых полостей 4 горячий газ сжимается, в результате чего температура его повышается до 500 К. Нагретый газ передает свое тепло стенкам полузамкнутых полостей 4. Тепло отводится от полузамкнутых полостей 4 конвекцией окружающей среды, имеющей температуру 313 К. По мере вращения газораспределительного устройства 6 сопла 7 отводятся от заполненных полузамкнутых полостей 4, и из последних газ сбрасывается в расширительную камеру 8, давление в которой 3,0 МПа. В расширительной камере 8 сбрасываемый газ расширяется и при этом охлаждается до температуры 250 К. Затем газ через эжекционный патрубок 11 покидает расширительную камеру 8.

Холодный поток исходного газа с температурой 270–280 К и давлением 5,0 МПа эжектирует газ из расширительной камеры 8. В процессе эжекции холодный поток исходного газа

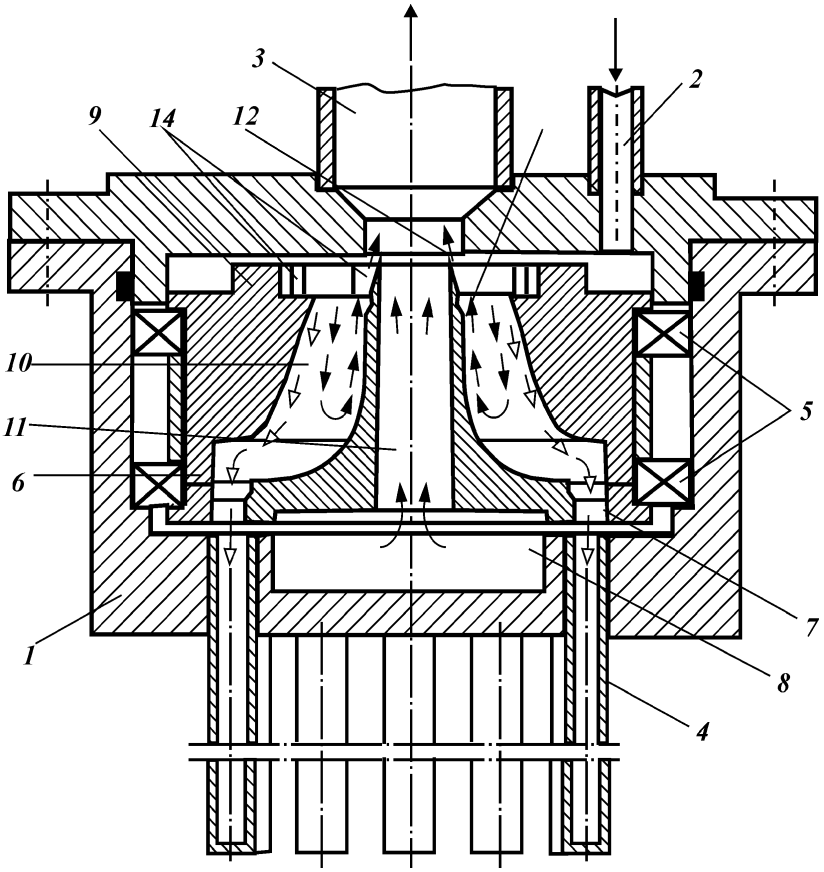


Рис. 7.4. Установка для осуществления способа охлаждения газа:
1 – корпус; патрубки: 2 – подачи исходного газа, 3 – для отвода газа, 11 – эжекционный; 4 – полузамкнутые полости; 5, 6 – газораспределительное устройство; 7 – сопло; 8 – расширительная камера; 9 – завихритель; 10 – энергоразделительная камера; 12, 13, 14 – отверстия

передает свою энергию газу из расширительной камеры 8, поднимая его давление до 3,3 МПа. При этом холодный поток исходного газа расширяется и охлаждается, поэтому полученная в результате процесса эжекции газовая смесь имеет температуру 245 К.

В связи с тем, что перед подачей исходного газа в завихрителе 9 и энергоразделительной камере 10 создается вихревое течение с горячим и холодным потоками и горячий поток подается в полузамкнутые полости 4, в последних в процессе их

ударного заполнения горячий газ сжимается и дополнительно нагревается, в результате чего увеличивается количество тепла, передаваемого внешней среде, уменьшается энтальпия сжатого газа и достигается низкая температура охлаждения газа при его расширении в расширительной камере 8.

Смешение холодного потока исходного газа с газом из расширительной камеры 8 приводит к расширению первого и получению более низкой температуры газовой смеси – 245 К.

Эжекционное смешение холодного потока исходного газа с газом из расширительной камеры 8 повышает давление охлажденного газа до 3,3 МПа и снижает затраты энергии на входе и выходе пульсационного аппарата.

Эффективность

Эффективность охлаждения газа повышается за счет эжекционного смешивания исходного газа, повышения давления и его расширения.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Патент РФ № 2072487, БИ № 3, 1997 (Авторы: Е.П. Запорожец, Б.П. Шулекин, Г.К. Зиберт, Л.П. Холпанов, В.П. Берестов).

7.1.5. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ХОЛОДА В БИАГЕНТНОЙ ЭЖЕКТОРНОЙ УСТАНОВКЕ

Краткое описание

Предложенный способ используется в холодильной технике и может применяться в нефтяной и газовой промышленности.

Способ получения холода осуществляется в биагентной эжекторной установке, принципиальная схема которой представлена на рис. 7.5.

В исходном положении парообразователь 2 наполнен биагентной смесью, состоящей из низкокипящего компонента –

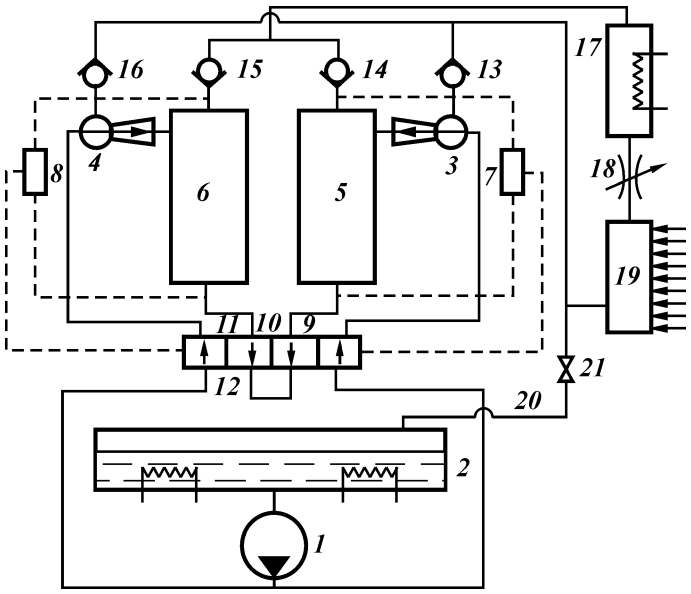


Рис. 7.5. Биагентная эжекторная установка:
1 – насос; 2 – парообразователь; 3, 4 – эжекторы; 5, 6 – сепараторы; 7, 8 – сигнализаторы уровня; 9–12 – управляемые клапаны; 13–16 – обратные клапаны; 17 – конденсатор; 18 – дроссель; 19 – холодильная камера; 20 – импульсный трубопровод; 21 – вентиль

паров пропана и высококипящего компонента – метанола. Сепараторы 5 и 6, имеющие одинаковые объемы, конденсатор 17 и холодильная камера 19 наполнены парами пропана. Обратные клапаны 13, 14, 15, 16 закрыты. Управляемые клапаны 9 и 11 открыты, а 10, 12 закрыты. Включают насос 1, парообразователь 2 и конденсатор 17. Насос 1 нагнетает под давлением 2,0 МПа метанол в активное сопло эжектора 3. Под действием струи метанола в приемной камере эжектора создается разрежение, под воздействием которого открывается обратный клапан 13 и пары пропана отсасываются эжектором 3 из холодительной камеры 19 и нагнетаются им в сепаратор 5. По мере нагнетания сепаратора 5 смесью метанола и паров пропана в нем происходит постепенный рост давления от 0,1 до 0,4 МПа, при котором эжектор 3 прекращает свою работу по вакуумированию холодильной камеры 19. В приемной камере эжектора 3 резко возрастает давление, под действием которого обратный клапан 13 закрывается.

После того, как эжектор 3 прекратил свою работу по эжек-

тированию паров пропана с холодильной камеры 19 и обратный клапан 13 закрылся, насос 1 продолжает нагнетать метанол через активное сопло эжектора 3 в сепаратор 5, дожимая в нем пары пропана до давления 1,9 МПа, при котором обратный клапан 14 открывается. Метанол, нагнетаемый насосом 1, вытесняет сжатые пары пропана из сепаратора 5 в конденсатор 17.

Как только метанол вытесняет из сепаратора 5 сжатые пары пропана, сигнализатор уровня 7 выдает команду на переключение управляемых клапанов 9–12. Управляемые клапаны 9 и 11 закрываются, а клапаны 10 и 12 открываются. Насос 1 начинает нагнетать метанол из парообразователя 2 в эжектор 4 и сепаратор 6 и описанный цикл повторяется. Из сепаратора 5 через управляемый клапан 10 биагентная смесь, состоящая из метанола и растворенного в нем пропана, вытекает в парообразователь 2. При этом в сепараторе 5 создается разрежение, под действием которого обратный клапан 13 открывается и через пассивное сопло эжектора 3 из холодильной камеры 19 в сепаратор 5 вновь поступают пары пропана и по мере опустошения сепаратора заполняют его. Сжатые пары пропана попадают в конденсатор 17, охлаждаются в нем до температуры около 18–20 °С и образуют жидкую фазу, с помощью которой при дросселировании через дроссель 18 в холодильной камере 19 получают температуру –35 °С.

Для получения холода предложенным способом расходуется энергия в 2,3 кВт.

Эффективность

Эффективность предложенного способа получения холода достигается за счет снижения энергозатрат.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Патент РФ № 2007669, БИ № 3, 1994 (Авторы: Е.П. Запорожец, Л.М. Мильштейн, Г.К. Зиберт).

7.1.6. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ХОЛОДА В ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

Краткое описание

Предложенный способ получения холода в холодильной установке относится к холодильной технике и может быть использован в газовой, нефтяной и других областях промышленности.

На рис. 7.6 представлена схема холодильной установки для осуществления предложенного способа.

Холодильная установка работает следующим образом.

Компрессор 1 сжимает пары хладагента и нагнетает их в конденсатор 2, где, отдавая тепло работы сжатия и конденсации внешнему источнику холода, пары конденсируются. Из конденсатора 2 жидкий хладагент через коллектор 41 и вентиль 40 стекает в ресивер 3. Из ресивера 3 жидкий хладагент через вентиль 35 поступает в трубопровод 4 жидкого хладагента и затем проходит по трубному пучку переохладителя 11, где переохлаждается холодными парами, отсасываемыми компрессором 1 из испарителей 6. Из переохладителя 11 жидкий хладагент через регулирующие вентили 5 дросселируется в кожухи испарителей 6, при этом давление и температура хладагента понижаются и он кипит за счет тепла, отводимого от охлаждаемого продукта, поступающего по трубопроводам 7 и уходящему по трубопроводам 8. Пары хладагента, образующиеся при его кипении, проходя по трубопроводам 9 через вентили 10 и межтрубное пространство переохладителя 11 и отделитель 12 жидкости поступают на вход компрессора 1.

Невыкипевшие труднокипящие компоненты хладагента накапливаются в испарителях 6, переохладителе 11 и отделителе 12 жидкости и периодически дренируются в смеситель 13 по трубопроводу 14. Для этого открывают один из вентилей 15 или вентиль 16, или вентиль 17 на опорожняемом от жидкости аппарате и вентили 18, 21 на смесителе 13, а вентили 39, 37, 43, 34 и 31 закрывают; вентили 19, 22, 32 и 44 закрыты. При этом паровая часть смесителя 13 подсоединяется к выходу компрессора 1. Причем паровая часть смесителя 13 при дренаже одного из испарителей 6 в случае многоступенчатого компримирования хладагента подсоединяется к входу промежуточной ступени компрессора 1, давление приема которой меньше, чем давление кипения хладагента при температуре продукта, подаваемого в испаритель 6 на охлаждение, на величину, равную гидравлическому сопротивлению всасывающего тракта проме-

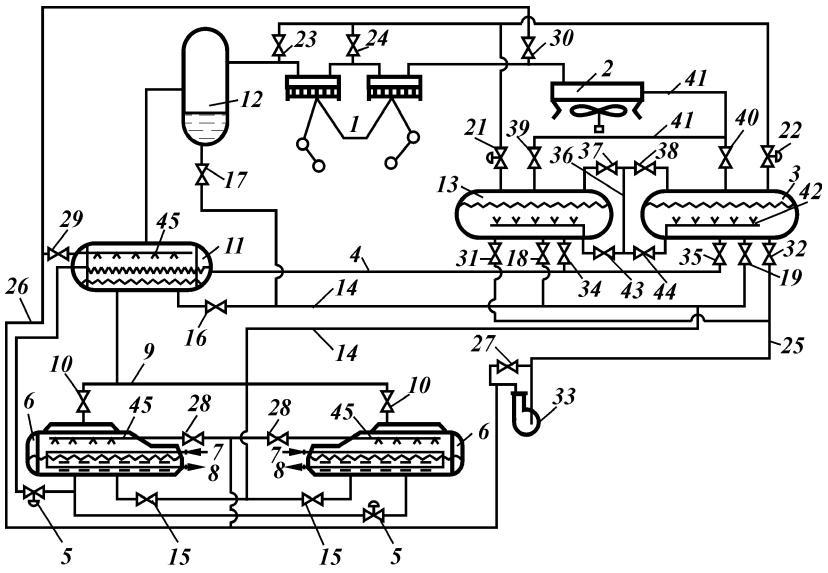


Рис. 7.6. Технологическая схема получения холода в холодильной установке:
1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – ресивер; 4 – трубопровод; 5 – регулируемые вентили; 6 – испаритель; 7, 8 – трубопроводы входа и выхода охлаждаемой среды; 9 – всасывающие трубопроводы; 10, 15–19, 21–24, 27–32, 34, 35, 37–40, 43, 44 – вентили; 11 – переохладитель; 12 – отделитель жидкости; 13 – смеситель; 14 – дренажный трубопровод; 20, 25, 26, 36 – трубопроводы; 33 – насос; 41 – жидкостный коллектор; 42 – барбатеры; 45 – распылитель жидкого хладагента

жуточной ступени. Открывают либо вентиль 23, если дренируют переохладитель 11, либо вентиль 24, если дренируют испаритель 6. Вентиль 23 открывают также при дренаже отделителя 12 жидкости. Вентиль 5, соответствующий дренируемому испарителю 6, а также вентили 10 соответствующего трубопровода 9 и соответствующие вентили 28 и 29 закрывают, не прекращая подачи охлаждаемого продукта через трубопроводы 7 и 8. При этом в смесителе 13 давление становится ниже, чем давление в дренируемом аппарате, и жидкий хладагент передавливается в смеситель 13 за счет разности давлений. Затем дренируемый аппарат отключают от дренажного трубопровода 14, закрывая вентили 16 и 17 либо вентили 15. Для включения дренируемого испарителя 6 в работу закрывают вентиль 15 и открывают регулирующий вентиль 5 и вентили 10 и 28, а для переохладителя 11 открывают вентиль 29.

После завершения дренажа в смеситель 13 на ресивере 3 открывают вентили 19 и 38, а на смесителе 13 – вентили 43,

прикрывая вентиль 21 так, чтобы разность давлений в ресивере 3 и смесителе 13 была достаточной для поступления несконденсировавшихся компонентов хладагента по трубопроводу 38 через барбатер 32 и жидкого хладагента по трубопроводу 14 через вентили 18 и 19 в смеситель 13 на смешение. Таким образом, в смесителе 13 снижается доля труднокипящих компонентов, дренированных из аппарата стороны всасывания. Затем вентиль 35 на ресивере 3 закрывают, а на смесителе 13 открывают вентили 34 и 31 и осуществляют питание испарителей 6, переохладителя 11 из смесителя 13 как по трубопроводу 4 через регулирующие вентили 5, так и через оросители 45 по трубопроводам 25 и 26 и перемычку с вентилем 27 через вентили 28 и 29.

Для снижения давления конденсации труднокипящие компоненты хладагента с помощью насоса 33 можно подавать в конденсатор 2 по трубопроводу 26. Для этого закрывают вентиль 27 на перемычке и вентили 21, 34 и 43 на смесителе 13, а вентили 31, 37 и 38 открывают, включают насос 33, открывают вентиль 30 и впрыскивают труднокипящие компоненты хладагента без предварительного смешения с легкокипящими несконденсировавшимися компонентами хладагента в его пары, подаваемые компрессором 1 на конденсацию в конденсатор 2.

Для обеспечения постоянства смешивания труднокипящих компонентов хладагента с трудноконденсирующимися компонентами предусмотрена взаимозаменяемость ресивера 3 и смесителя 13. Это позволяет производить дренаж жидкого хладагента, насыщенного труднокипящими компонентами в ресивер 3, где так же, как в смесителе 13, производят перемешивание хладагента. Для этого в ресивере 3 открывают вентили 19 и 22, закрывают вентили 32, 35, 38, 40 и 44 и дренируют хладагент из аппаратов стороны всасывания, открывая соответствующий дренажный вентиль. На этот период дренажа на смесителе 18 закрывают вентили 18, 21, 37 и 43, открывают вентили 34 и 39 и питание испарителя 6 производят из смесителя 13 через трубопровод 4 и трубопроводы 25 и 26 через соответствующие вентили 5, 28, в зависимости от того, какой из испарителей 6 включен в работу. После завершения дренажа соответствующего аппарата его отключают от дренажного трубопровода 14, закрывая вентиль 15–17. На смесителе 13 открывают вентили 18 и 37, а вентили 31 и 34 закрывают, при этом на ресивере 3 открывают вентили 32, 35 и 44, вентиль 22 прикрывают так, чтобы разность давлений между ресивером 3 и смесителем 13 позволяла поступать как несконденсировавшимся компонентам из парового пространства смесителя 13 через

вентили 37 и 4 и барбатер 42 под слой жидкого хладагента в ресивере 3, так и жидкому хладагенту из смесителя 13 в ресивер 3 через вентили 18 и 19, т.е. позволяет производить “смешение” в ресивере 3, а прием хладагента из конденсатора 2 осуществить в смесителе 13. Питание испарителей 6 и переохладителя 11 происходит через вентили 32 и 35 по трубопроводам 4, 25 и 26 и вентили 5, 27, 28 и 29.

Эффективность

Эффективность работы холодильной установки достигается за счет повышения эксплуатационной надежности и экономичности.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 1695066, БИ № 44, 1991 (Авторы: Г.К. Зиберт, М.П. Игнатьев, А.А. Захаров, В.Ф. Бочкарь и др.).

ê‡Á‰ÂÎ 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

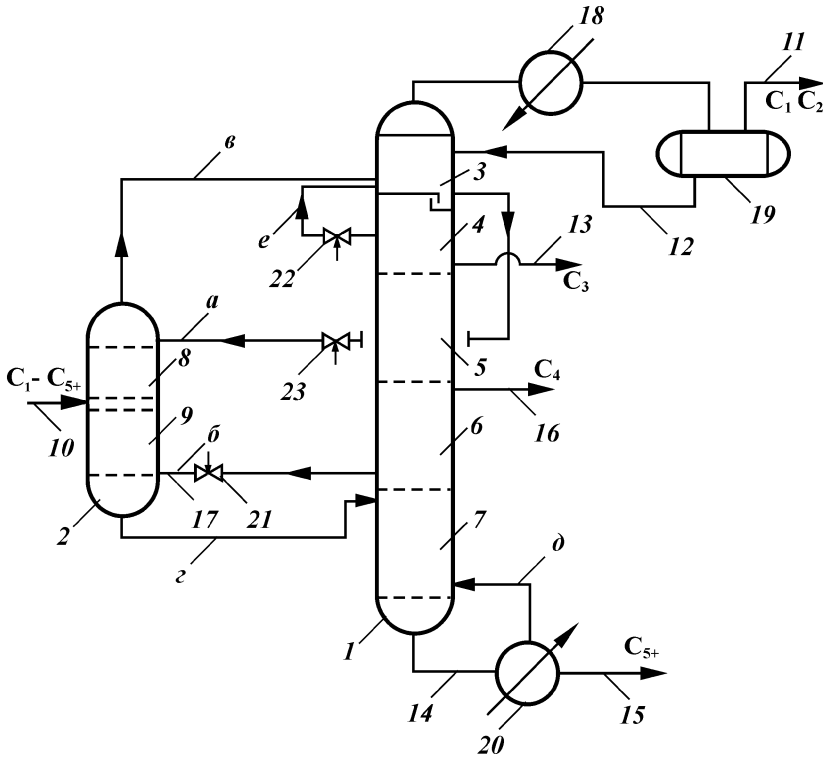


Рис. 8.1. Технологическая схема установки разделения многокомпонентных смесей:
1 – ректификационная колонна; 2 – стриппинг-колонна; 3–9 – секции; 10–17 – технологические линии; 18 – конденсатор-холодильник; 19 – рефлюксная емкость; 20 – испаритель; 21–23 – регулировочные устройства

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 Â – регулировочное устройство 22, а на жидкостном потоке потоке ‡ – 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 Â, и наоборот.

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

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-

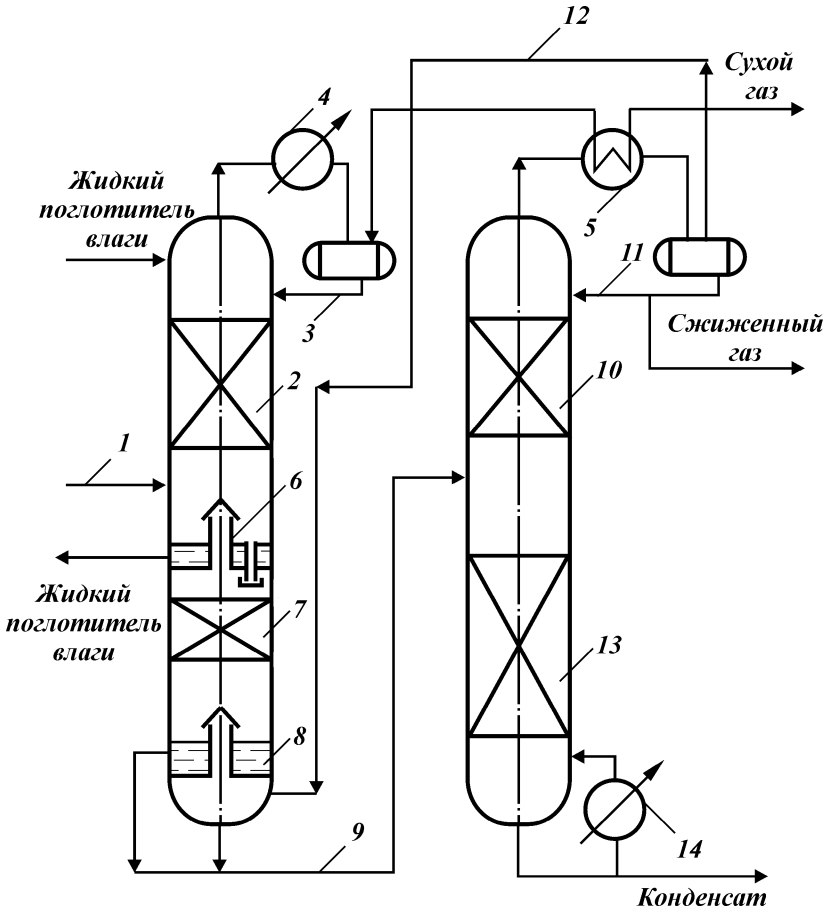


Рис. 8.2. Способ разделения углеводородной смеси:
1 – подача смеси углеводородов; 2 – массообменная секция К-1; 3 – линия подачи орошения; 4 – конденсатор; 5 – парциальный конденсатор; 6 – фазовый разделитель; 7 – глухая тарелка; 8 – массообменная зона; 9 – нестабильный конденсат; 10, 13 – массообменные 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. Сорокин).

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,

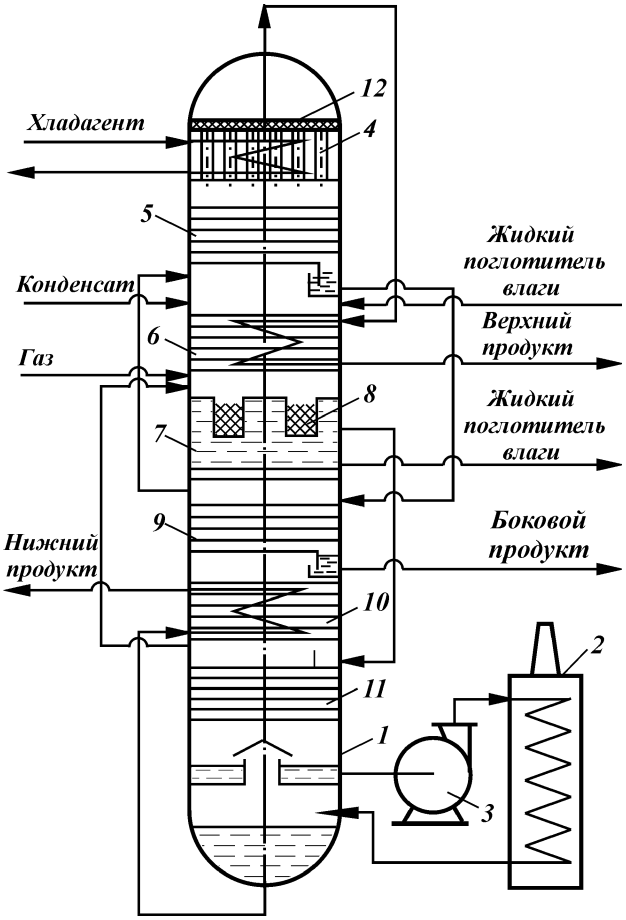


Рис. 8.3. Схема низкотемпературной ректификации:
1 – колонна; 2 – подогреватель; 3 – насос; 4 – конденсатор-холодильник; 5, 9, 11 – контактные тарелки; 6, 10 – тепломассообменные тарелки; 7 – зона фазного разделения жидкостей; 8 – коалесцирующие элементы; 12 – сепарирующее устройство

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 тепломассообменных 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 тепломассообменных 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_1, C_2
боковой – сжиженный газ.....	C_3, C_4
нижний – стабильный конденсат	C_{5+}
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

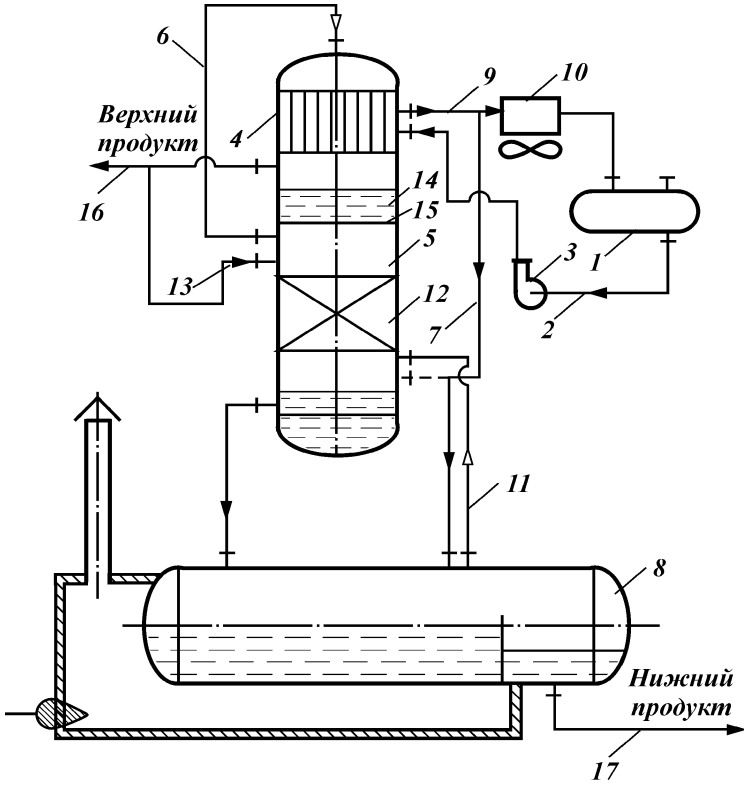


Рис. 8.4. Технологическая схема процесса ректификации:
1 – емкость; 2 – линия подачи сырья; 3 – насос; 4 – дефлегматор; 5 – ректификационная колонна; 6 – линия парового потока; 7 – подогретый поток исходной смеси; 8 – испаритель; 9 – избыточный поток исходной смеси; 10 – аппарат воздушного охлаждения;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

верхней части колонны 5, где сырье подогревают до 100 °С выходящим из колонны паровым потоком, подаваемым в дефлегматор по линии 6.

После дефлегматора подогретый поток исходной смеси в количестве 625 кг/ч подают по линии 7 в испаритель 8, в котором его нагревают до температуры 183 °С, соответствующей температуре испарения низкокипящей фракции. Избыточный поток исходной смеси (1510 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 (высококипящую 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.

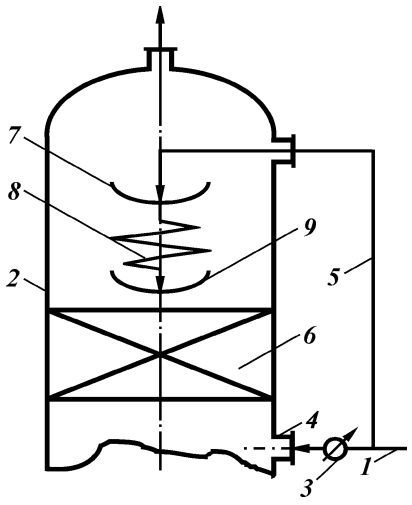


Рис. 8.5. Способ разделения многокомпонентных смесей:
1 – подача исходной смеси; 2 – массообменная противоточная колонна; 3 – теплообменник; 4 – подача на питание колонны; 5 – подача холодного орошения; 6 – массообменное устройство; 7, 9 – выветриватель; 8 – теплообменное устройство

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 промысловой 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

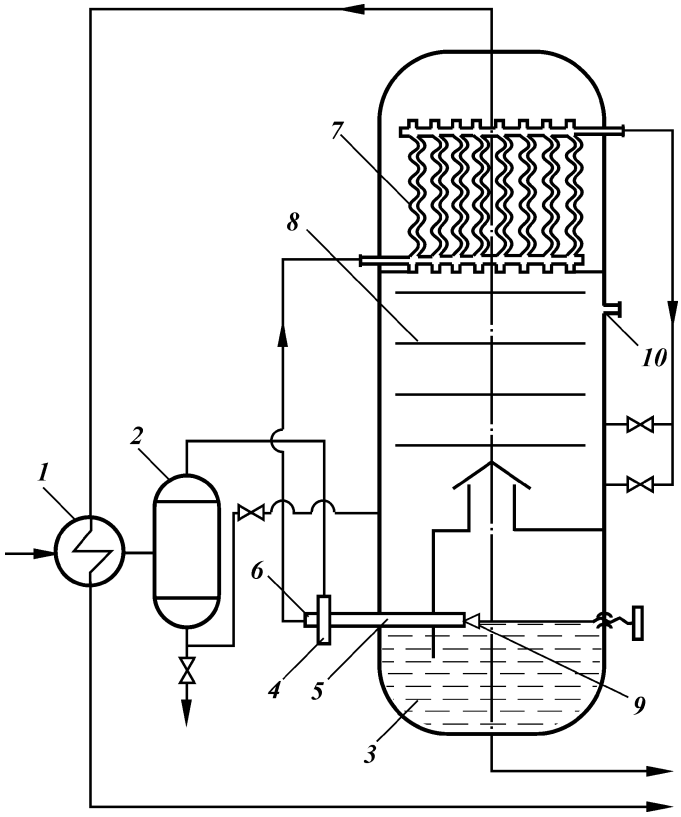


Рис. 8.6. Способ разделения сжатых газовых смесей:
1 – холодильник; 2 – сепаратор; 3 – колонна; 4 – вихревая камера; 5 – горячий поток вихревой камеры; 6 – холодный поток вихревой камеры; 7 – сепаратор-конденсатор; 8 – контактные устройства; 9 – регулятор расхода потоков; 10 – ввод абсорбента

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 деметанизация).

Разница температур и фракционного состава потоков в верху и в низу колонны позволяет с помощью монтажных устройств (тарелок) добиться массообмена, углубляющего процесс отбензинивания.

Температура горячего потока регулируется при помощи регулятора 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 инжекция 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 одном 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).

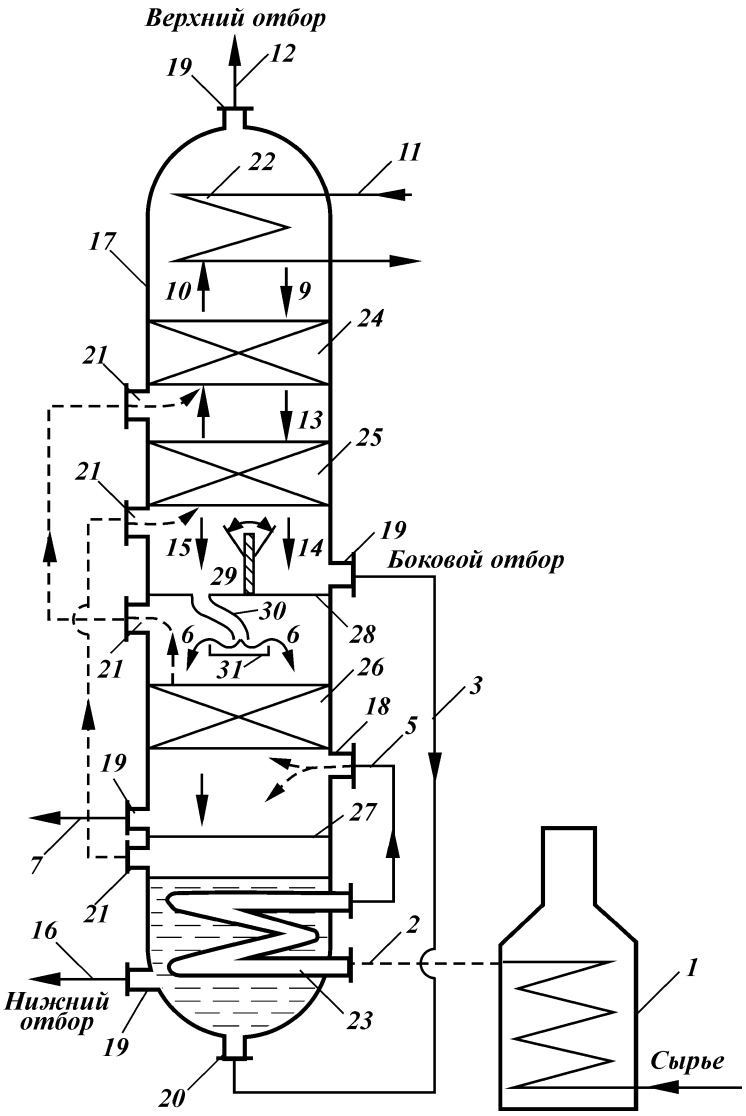


Рис. 8.7. Технологическая схема разделения многокомпонентной жидкой смеси: 1 – печь; 2–16 – материальные потоки; 17 – корпус; штуцера: 18 – ввода сырья, 19 – вывода верхнего, нижнего, бокового продуктов и жидкостного потока, 20 – ввода бокового продукта, 21 – байпасирующих паровых потоков; 22 – холодильник; 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 CH_5; 0,455 CH_6; 0,584 CH_7; 0,729 CH_8; 0,522 CH_9; 0,309 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 CH_5; 1,201 CH_6; 1,542 CH_7; 2,736 CH_8; 3,203 CH_9; 2,971 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 CH_5; 18,895 CH_6; 23,689 CH_7; 26,706 CH_8; 13,672 CH_9; 1,7473 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_5; 0,6359 CH_6; 1,204834 CH_7; 7,045 CH_8; 16,151 CH_9; 21,690 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.

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

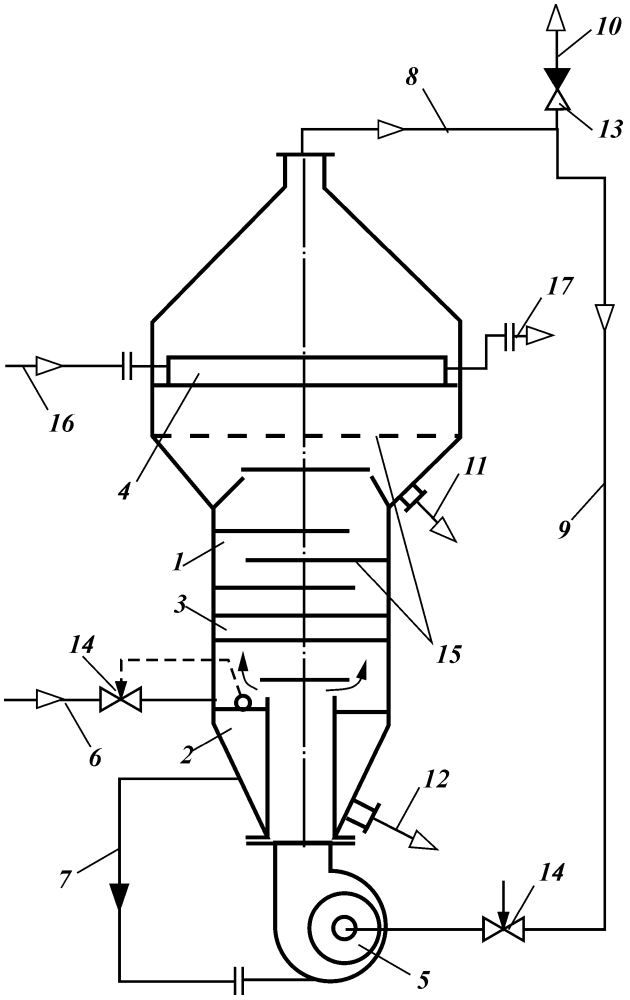


Рис. 8.8. Технологическая схема ректификационной установки:
1 – ректификационная колонна; 2 – кубовая часть колонны; 3 – сепаратор; 4 – дефлегматор; 5 – вакуумсоздающая система; линии: 6 – подачи сырья, 7 – рециркуляции жидкости, 8 – выхода несконденсированных паров, 9 – подачи отпарного газа, 10 – сброса 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

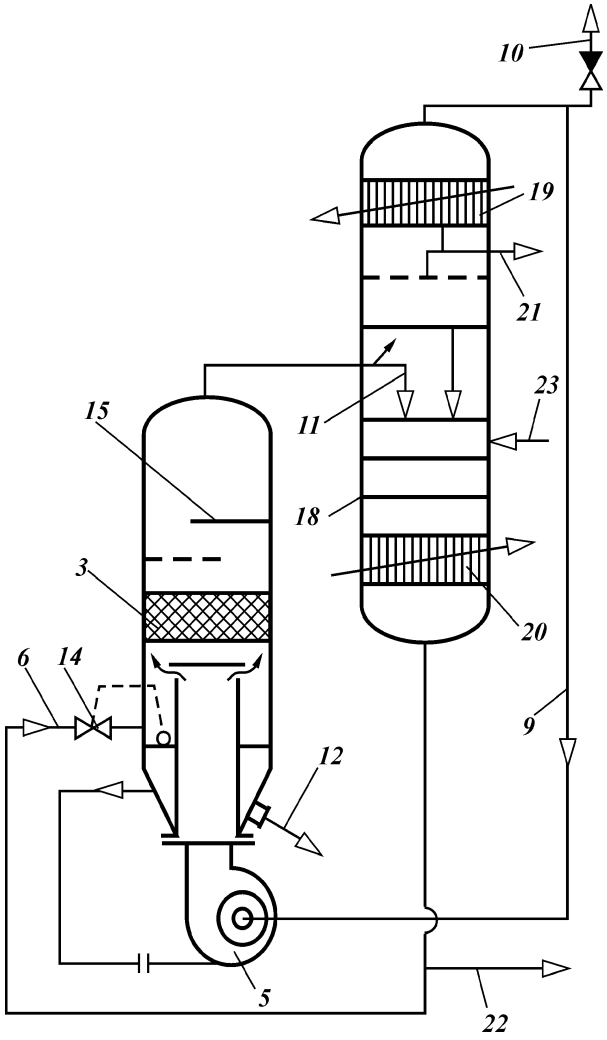


Рис. 8.9. Технологическая схема регенерации гликоля:
18 – колонна регенерации; 19 – дефлегматор; 20 – испаритель; 21 – линия отвода отпаренной воды; 22 – линия вывода регенерированного гликоля; 23 – линия подачи сырья.
1–17 – см. рис. 8.4

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. Несконденсированные 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 тепломассообменным 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.

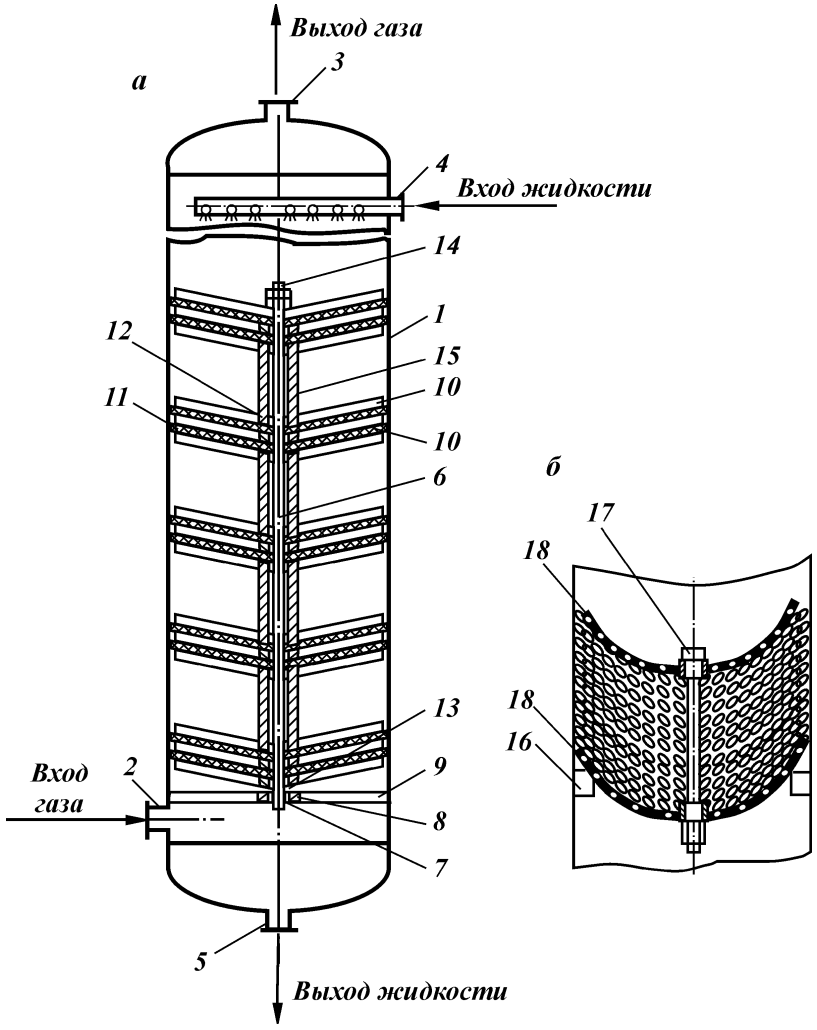


Рис. 8.10. Аппараты для контакта жидкости с газом:
‡ – аппарат с упругой насадкой; · – вариант аппарата с насыпной насадкой. 1 – корпус; штуцера: 2, 3 – входа и выхода газа, 4, 5 – входа и выхода жидкости; 6 – тяга; 7, 14 – резьбовое соединение; 8 – втулка; 9 – опорная перекладина; 10 – крестовина; 11 – пакеты насадки; 12 – стяжное устройство; 13 – буртик; 15 – дистанционный патрубок; 16 – опорная лапка; 17 – шпилька; 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 тепломассообменным 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 барбатирует через этот жидкостный

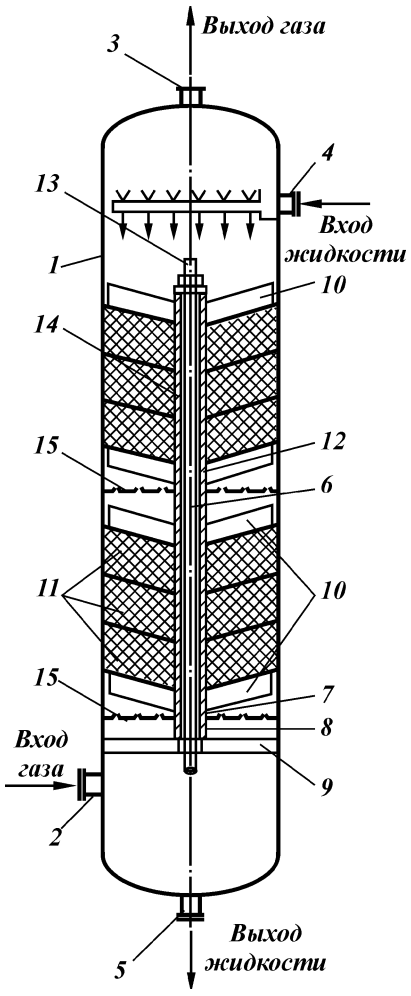


Рис. 8.11. Аппарат для контакта жидкости с газом:
1 – корпус аппарата; штуцера: 2, 3 – входа и выхода газа, 4, 5 – входа и выхода жидкости; 6 – тяга; 7, 13 – резьбовое соединение; 8 – втулка; 9 – опорная перекладина; 10 – основания; 11 – пакеты насадок; 12 – втулки; 14 – дистанционные патрубки; 15 – 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 серднекипящие 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 потокам 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-

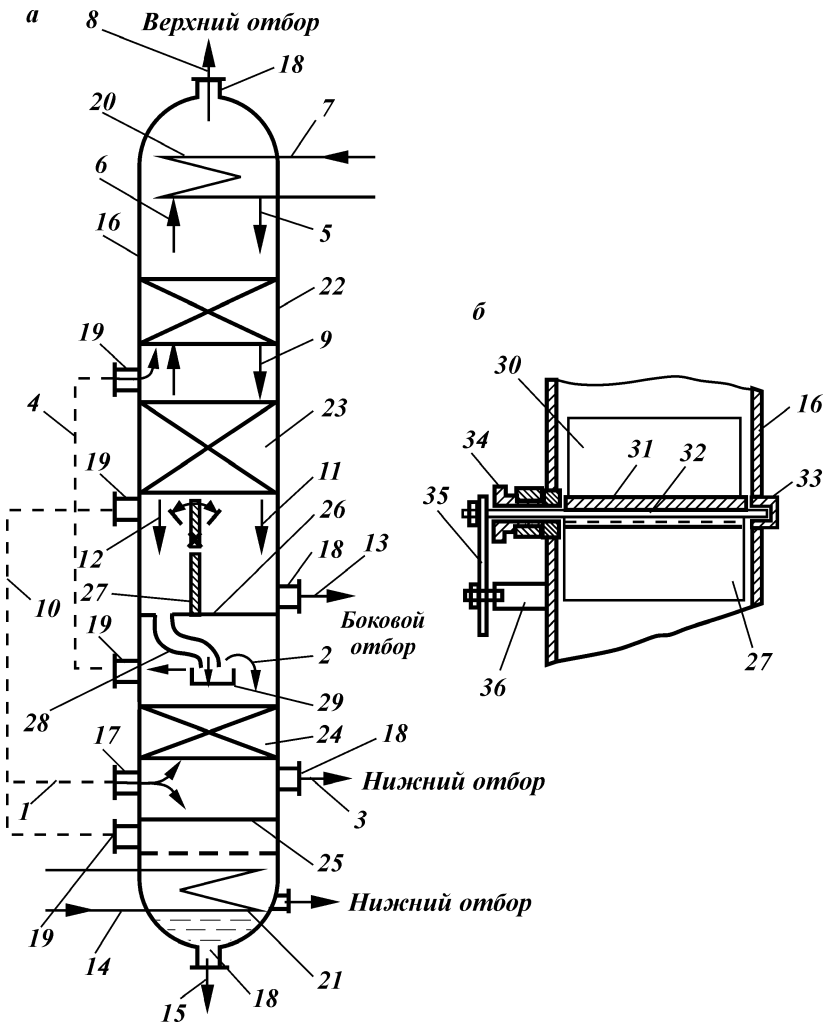


Рис. 8.12. Аппарат для разделения многокомпонентных смесей:
1–15 – технологические потоки; 16 – корпус аппарата; штуцера: 17 – ввода сырья, 18 – вывода верхнего, нижнего и бокового продуктов, 19 – байпасирующих паровых потоков; 20 – холодильник; 21 – подогреватель; 22–24 – массообменные секции; 25 – 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, сливающемуся на нижележащую секцию 24. При изменении состава сырья, соотношение между потоками бокового отбора и потока, сливающегося 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. ТЕПЛОМАССООБМЕННЫЙ 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.

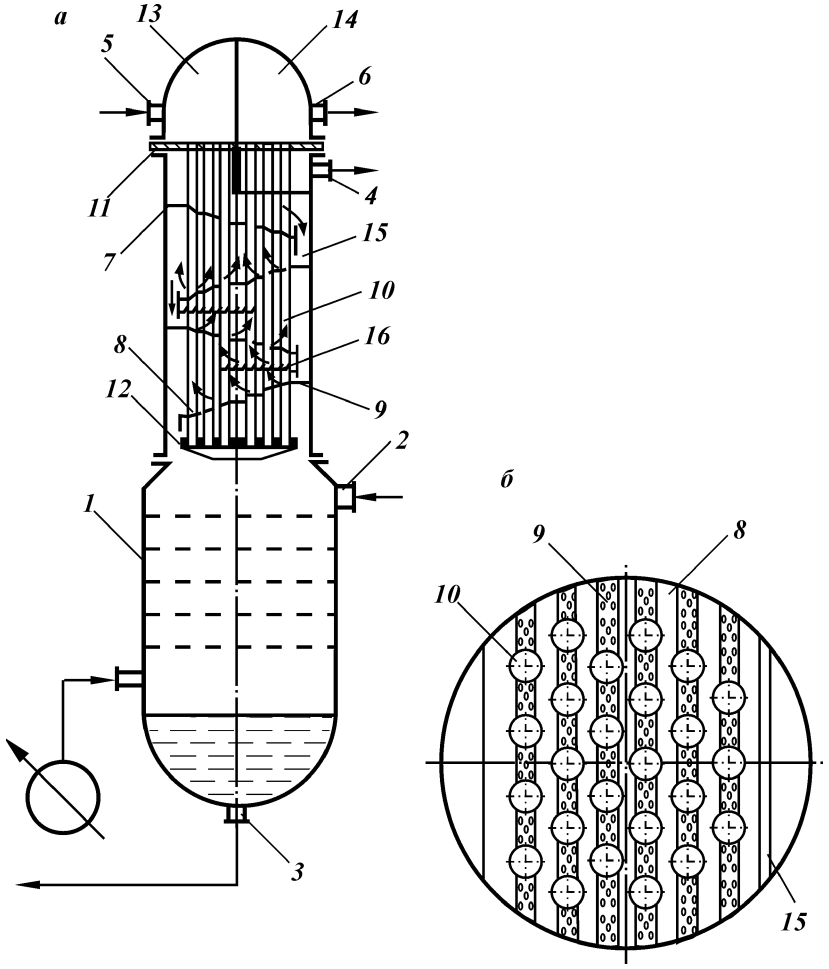


Рис. 8.13. Тепломассообменный аппарат:
‡ – продольный разрез; · – тарелка.
1 – корпус; штуцера: 2 – ввода исходной смеси, 3 – выхода жидкости, 4 – выхода паровой фазы, 5, 6 – ввода и вывода тепло- или хладагента; 7 – тарелки; 8 – горизонтальные секции; 9 – перфорированные наклонные секции; 10 – теплообменные 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 поддаваться 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. Карепина, Г.К. Зиберт, Ю.А. Кащицкий, З.С. Ахунов).

8.2.5. ТЕПЛОМАССООБМЕННЫЙ АППАРАТ

Краткое описание

Предложенная конструкция аппарата относится к аппаратурному 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

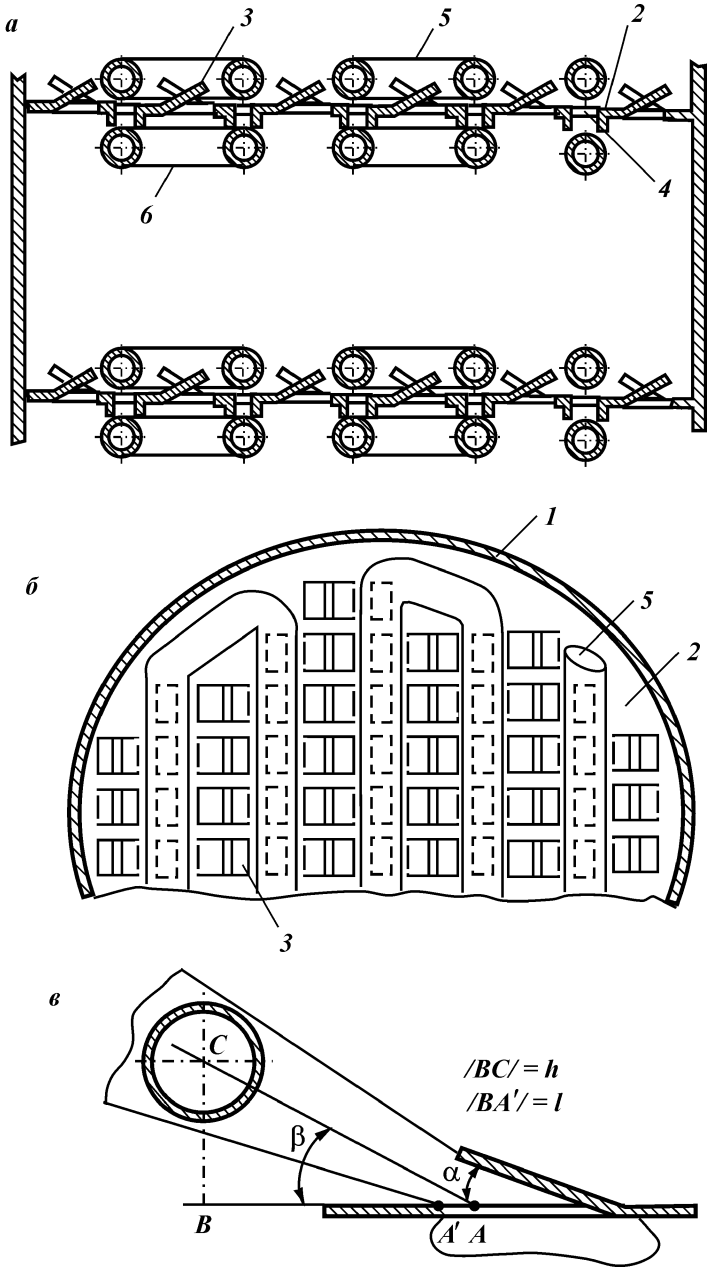
$$l = h[\mathrm{tg}(20 + 0{,}91\alpha)],$$

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

Для доказательства данного соотношения были проведены замеры угла β наклона ядра струи (продольной ее оси) в зависимости от угла α 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:

$$\beta = 20 + 0{,}91\alpha. \qquad (1)$$

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 $Äë$ пересекается с продольной осью трубы. С достаточной для технических расчетов точностью можно принять, что расстояние $|Çë| = |ÇÄ'| = l$ (разница между ними составляет 2–4 %) и что углы $\angle ÇÄë$ и $\angle ÇÄ'ë$ равны. Тогда из треугольника $ÄÇë$ следует, что расстояние от передней кромки просечки до вертикальной проекции оси трубы на полотно тарелки


а
3
5
2
4
6
б
1
5
2
3
в
C
/BC/ = h
/BA′/ = l
β
α
B
A′ A

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

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

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

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 тепломассообмена 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: ≠ – с коаксиально установленными камерами (приемной и отборной) и вводом горячего рециркуляционного потока через два штуцера (жидкостный и паровой); · – 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

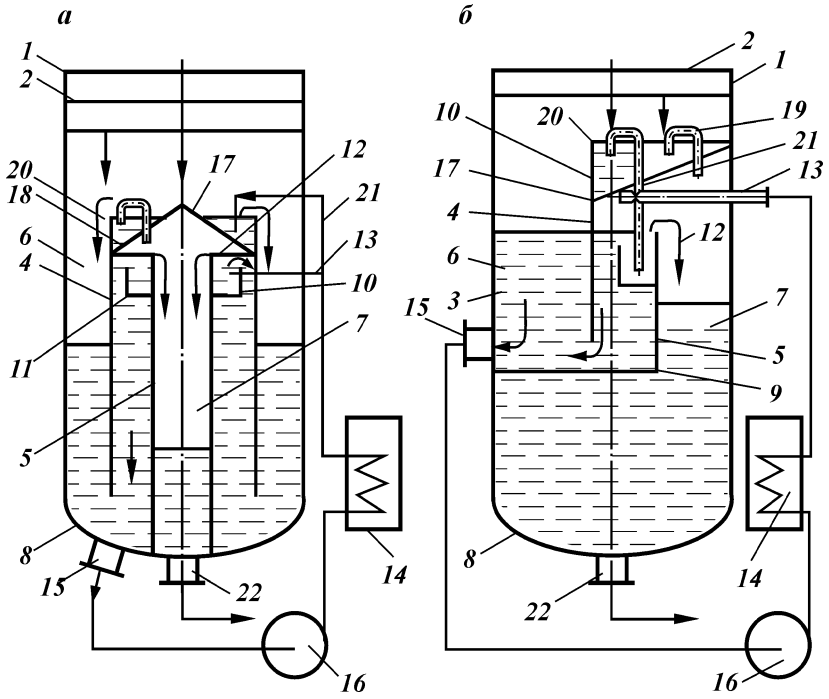


Рис. 8.15. Ректификационная колонна:

‡ – 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 – уравнительная 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 уравнительная 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

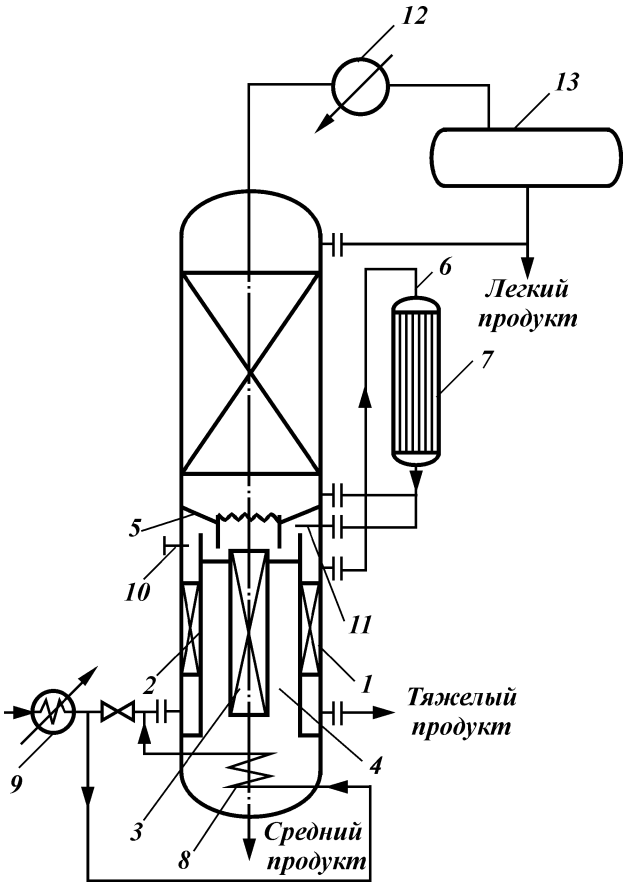


Рис. 8.16. Устройство для разделения углеводородных смесей:
1 – нижняя колонна; 2 – обечайка; 3 – верхняя колонна; 4 – зазор; 5 – перегородка; 6 – линия парового потока; 7 – теплообменник; 8 – испаритель; 9 – подогреватель сырья; 10, 11 – штуцера внешнего и внутреннего орошения; 12 – конденсатор; 13 – 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 скомпоновано 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. Сухоносов).

ê‡Á‰ÂÎ 9

ВНУТРЕННИЕ УСТРОЙСТВА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ОБОРУДОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ, ОСУШКИ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ, НТС, РЕГЕНЕРАЦИИ АБСОРБЕНТОВ, РЕКТИФИКАЦИИ

9.1. ВНУТРЕННИЕ УСТРОЙСТВА ТАРЕЛЬЧАТОГО ТИПА

9.1.1. ТЕПЛОМАССООБМЕННАЯ ТАРЕЛКА

Краткое описание

Предложенная тепломассообменная тарелка относится к клапанным тарелкам для процессов тепломассообмена в системах газ – жидкость и может использоваться в колонных аппаратах для процессов ректификации, дистилляции, абсорбции.

На рис. 9.1 схематично изображена тепломассообменная тарелка (продольный разрез).

Тарелка содержит основание, выполненное из труб 1, снаружи которых расположены размещенные с зазором одно в другом кольца 2 и 3. К внутреннему кольцу прикреплена одна сторона клапана 4, к наружному кольцу соседнего ряда – другая. Кроме того, тарелка содержит и переливное устройство 5.

Тарелка работает следующим образом.

При малых и средних нагрузках по газу клапаны приподнимаются над щелями, образованными трубами; за счет зазоров между кольцами 2 и 3 и трубами 1, газ выходит из-под клапанов с двух сторон, как у обычной клапанной тарелки.

При увеличении нагрузки по газу клапаны 4 поднимаются до упора колец 2 и 3 в трубы 1 и за счет разности в диаметрах колец 2 и 3 устанавливаются в наклонном положении.

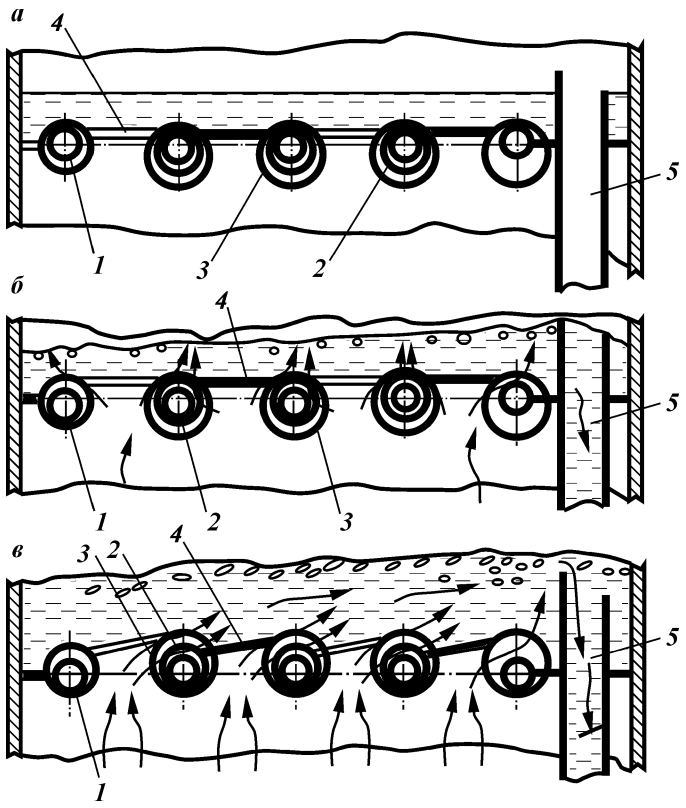


Рис. 9.1. Тепломассообменная тарелка:
‡ – тарелка, продольный разрез; · – тарелка при малых и средних нагрузках по газу и жидкости; , – тарелка при максимальных нагрузках по жидкости и газу.
1 – труба; 2 и 3 – кольца; 4 – клапан; 5 – переливное устройство

Струи газа выходят из-под клапанов в одном направлении и способствуют перемещению жидкой фазы в направлении переливного устройства 5. Тарелка работает в режиме струйной тарелки.

При прекращении подачи газа клапаны 4 автоматически возвращаются в исходное положение и перекрывают щели между трубами 1.

Клапаны 4 размещены над трубами 1 и поэтому не препятствуют теплообмену при подаче греющей или охлаждающей среды в трубы.

Эффективность

Предложенное техническое решение позволяет интенсифицировать процесс тепломассообмена.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 450578, БИ № 43, 1974 (Авторы: Г.К. Зиберт, Б.С. Язвенко, Ю.А. Кащицкий).

9.1.2. ТАРЕЛКА ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к внутренним устройствам для проведения массообмена в системах газ – жидкость (абсорбция, ректификация, десорбция и т.д.) в колонных аппаратах.

На рис. 9.2 изображена струйно-направленная тарелка.

Тарелка состоит из основания 1, переливного устройства 2, снабженного порогом 3. Основание имеет наклонные контактные элементы (отверстия) 4 для прохода газа; под переливным устройством 2 расположена пластина 5, образующая зазоры 6–8 с корпусом аппарата 9, нижними кромками переливного устройства 2 и основанием тарелки. Часть основания, расположенная под пластиной 5, снабжена дополнительными контактными элементами 10, например, клапанами направленного действия.

Для снижения уноса жидкости на вышележащую тарелку и увеличения поверхности массообмена при малых межтарельчатых расстояниях установлены отбойники (может быть установлена объемная сепарационная насадка). Для регулирования производительности пластину 5 можно крепить к основанию 1 или переливному устройству 2 на резьбовом соединении 12.

Тарелка работает следующим образом.

Жидкость, поступающая из переливного устройства 2, через зазор 7 подается на основание тарелки. Газ, поднимающийся снизу, проходит через наклонные контактные элементы 4, взаимодействуя с жидкостью на тарелке. При взаимодействии

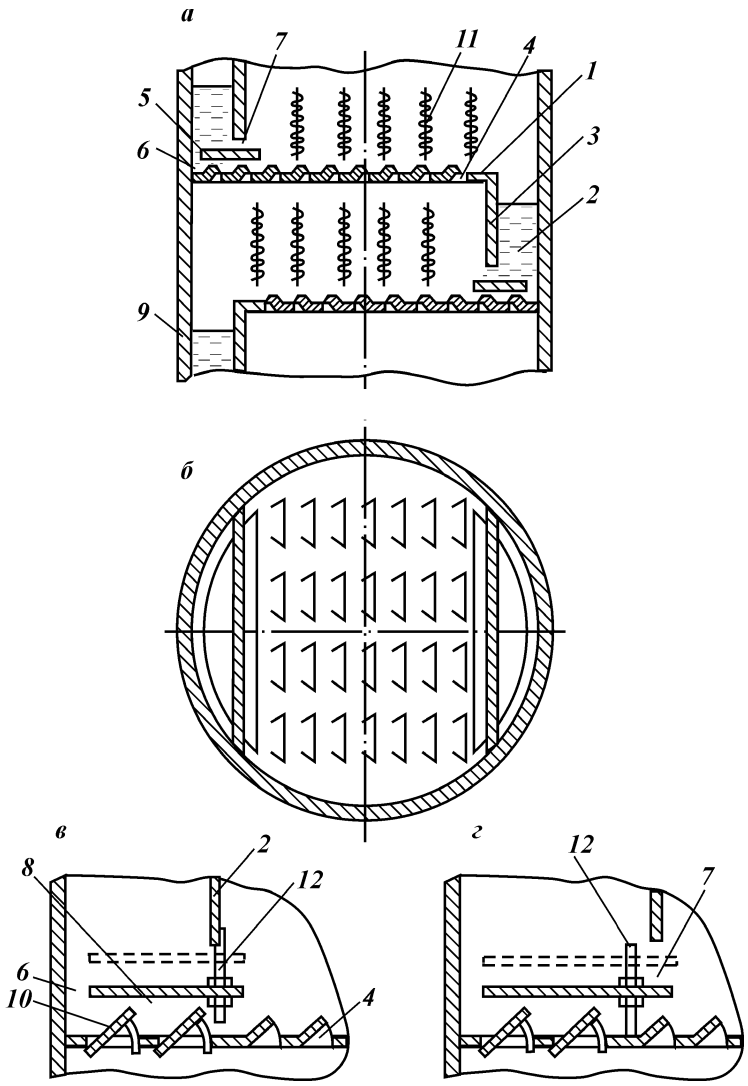


Рис. 9.2. Струйно-направленная тарелка:
‡ – продольный разрез; · – вид сверху; ¸ – крепление пластины к переливному устройству; „ – крепление пластины тарелки.
1 – основание тарелки; 2 – переливное устройство; 3 – порог; 4 – наклонные контактные элементы; 5 – пластина; 6–8 – зазоры с корпусом аппарата; 9 – корпус аппарата; 10 – дополнительные контактные элементы; 11 – отбойники; 12 – резьбовое соединение

газа с жидкостью происходит процесс тепломассообмена и одновременно транспортировка жидкости за счет инжекции в сторону сливного устройства 2. При малых нагрузках по газу дополнительные контактные элементы, например, клапаны 10, расположенные под пластиной 5, опущены. С увеличением расхода газа силы, действующие на клапаны 10, увеличиваются и последние открываются, пропуская большее количество газа. Газ проходит между основанием тарелки и пластиной 5 в сторону основного движения жидкости на тарелке, где кинетическая энергия газа передается жидкости. В зазорах 8 создается разрежение, в результате туда устремляется жидкость, которая подхватывается струей газа и выходит из зазора 8. Газожидкостная смесь, выходя из зазора 8, одновременно способствует распылению и транспортированию жидкости, вытекающей из зазора переливного устройства 2. При высоких скоростях газа жидкость распыляется в отбойники 11 или в объемную сепарационную насадку, где происходит дополнительный массообмен между газом и пленкой жидкости.

Скорость газа в сечении отбойника ниже, чем на выходе из наклонных контактных элементов, что позволяет жидкости за счет сил поверхностного натяжения и гравитации удерживаться на отбойниках или объемной сепарационной насадке. Капли жидкости коалесцируются на них и стекают на основание тарелки. Жидкость за счет направленного воздействия газа достигает корпуса и стекает в переливное устройство 2 на нижележащую тарелку.

Газ в тарелке совершает работу по перемещению жидкости на основаниях в сторону переливного устройства 2, работу по принудительному отбору жидкости из переливного устройства и подачу ее на нижележащую тарелку.

Эффективность

Предложенная конструкция позволяет увеличить производительность струйно-направленной тарелки по газу и жидкости без увеличения ее габаритов, расширить диапазон эффективной работы. Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 602203, БИ № 14, 1978 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.А. Александров, Ю.А. Кащицкий, Л.Б. Макарова).

9.1.3. ТАРЕЛКА ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Краткое описание

Предложенная тарелка относится к внутренним устройствам массообменных аппаратов для процессов абсорбции, десорбции, ректификации.

На рис. 9.3 схематически изображена массообменная тарелка. Тарелка состоит из основания 1 с расположенными на нем контактными элементами 2, сливной перегородки 3, крепящейся к корпусу аппарата 4, которые образуют переточный канал 5, вертикальной пластины 6, крепящейся к сливной перегородке 3 посредством резьбового соединения; разделительной пластины 7, расположенной на расстоянии от корпуса аппарата 4, основания тарелки 1 и нижней кромки сливной перегородки 3. При этом разделительная пластина 7 крепится к вертикальной пластине 6 при помощи пластины 8 резьбовым соединением, что позволяет размещать разделительную пластину 7 по высоте аппарата, защитного козырька 9, жестко укрепленного на корпусе аппарата. Между защитным козырьком 9 и разделительной пластиной 7 образуется канал 10 для прохода жидкости; между защитным козырьком 9 и основанием тарелки 1 образуется канал 11 для прохода газа (пара), вертикальная пластина 6 и разделительная пластина 7 образуют канал 12 для прохода жидкости.

Тарелка работает следующим образом.

Газ (пар), поднимающийся снизу колонны, проходит через свободное сечение основания тарелки 1 и взаимодействует с жидкостью, при этом происходит процесс тепломассообмена.

При выходе газа (пара) из канала 11 происходит понижение давления в канале 10 за счет эффекта инжекции. Жидкость из переточного канала 5 поступает в зону пониженного давления в канале 10. Газожидкостная смесь параллельным потоком поступает на основание тарелки 1, одновременно подхватывая жидкость из канала 12.

При перекрытии защитным козырьком более 10 и менее 90 % площади разделительной пластины практически исчезает

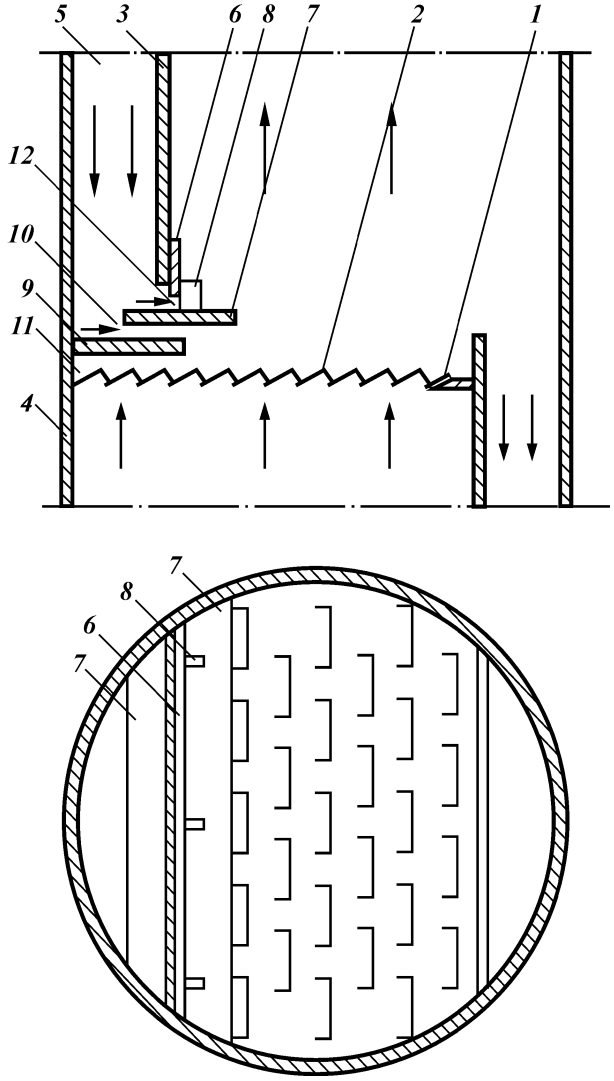


Рис. 9.3. Массообменная тарелка:
1 – основание; 2 – контактные элементы; 3 – сливная перегородка; 4 – корпус аппарата; 5 – переточный канал; пластины: 6 – вертикальная, 7 – разделительная; 8 – пластина; 9 – защитный козырек; каналы: 10, 12 – для прохода жидкости, 11 – для прохода газа

эффект инжекции в зоне между разделительной пластиной 7 и основанием тарелки 1.

Эффективность

Использование защитного козырька, укрепленного на корпусе аппарата между разделительной пластиной и основанием тарелки и перекрывающего 10–90 % площади разделительной пластины, позволяет не только увеличить эффективность работы тарелки при сохранении ее производительности путем устранения провала жидкости через контактные элементы (создание эффекта инжекции), но и уменьшить расстояние между тарелками, в результате чего уменьшается высота аппарата, сокращается металлоемкость и, соответственно, энергозатраты.

Техническое решение использовано в промышленности.

Литература

Авторское свидетельство № 722549, БИ № 11, 1980 (Авторы: М.Ш. Валеев, А.Ш. Дехтерман, В.Ф. Кондратьев, И.А. Александров, Г.К. Зиберт).

9.1.4. ДВУХСЛОЙНАЯ ТАРЕЛКА ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к тепломассообменным аппаратам, используемым в нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической и других отраслях промышленности.

На рис. 9.4 изображена двухслойная тарелка для массообменного аппарата.

Тарелка состоит из двух слоев: верхнего 1 и нижнего 2. Слои тарелки образованы горизонтальными участками 3 и 4 змеевиков 5 и 6. За счет чередования змеевика 5 с шагами t_1 и t_2 и змеевика 6 с шагами t_3 и t_4 и смещения их относительно друг друга слои имеют разное свободное сечение для прохода газа (S_1 и S_2). На входе и выходе теплоносителя из колонны змеевики соединены с коллектором 7 и 8. При необходимости введения в колонну нескольких теплоносителей змеевики могут быть выполнены секционно, т.е. по несколько тарелок на один теплоноситель, при этом каждая секция снабжается коллекторами входа и выхода.

Тарелка тепломассообменного аппарата работает следующим образом.

Газ (пар) подается снизу, а жидкость стекает через щели сначала верхнего слоя 1, затем – нижнего, контактируя с газом.

Совокупность двух слоев 1 и 2 позволяет проходить газу и жидкости через отверстия между трубами, в основном, каждой фазе своим путем. При этом доля сечения для прохода каждой фазы в зависимости от изменения нагрузок может меняться. При минимальных нагрузках или недогруженности колонны слой пены мал и в этом случае контакт газа и жидкости происходит между слоями 1 и 2.

Для заданных нагрузок контакт газа (пара) и жидкости происходит в барботажной зоне на верхнем слое.

Меньшее живое сечение нижнего слоя по сравнению с верхним позволяет не снижать пропускной способности по жидкости. Верхний слой тарелки не препятствует прохождению жидкости, а нижний слой лимитирует провал жидкости, что связано с высокой скоростью потока газа через отверстия: противодействует усиленному потоку газа возрастающий напор жидкости, скапливающийся между слоями тарелки.

Для съема или подвода тепла в зоне контакта газа с жидкостью в змеевики 5 и 6 по коллектору 7 подается тепло-(хладо)носитель.

При необходимости возможно введение нескольких теплоносителей.

Эффективность

Изготовление и компоновка змеевиков может проводиться вне колонны. Скомплектованную конструкцию через открытый верхний фланец колонны с помощью подъемного механизма устанавливают внутри кожуха колонны, и затем фланец закрывают.

Это сокращает время и трудоемкость монтажа тарелок, не требует проведения сварочных работ внутри аппарата.

Змеевики 5 и 6 выполнены с плавными поворотами на 90°, что значительно снижает коэффициенты местного сопротивления, а следовательно, и гидравлическое сопротивление змеевика для теплоносителя.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка.

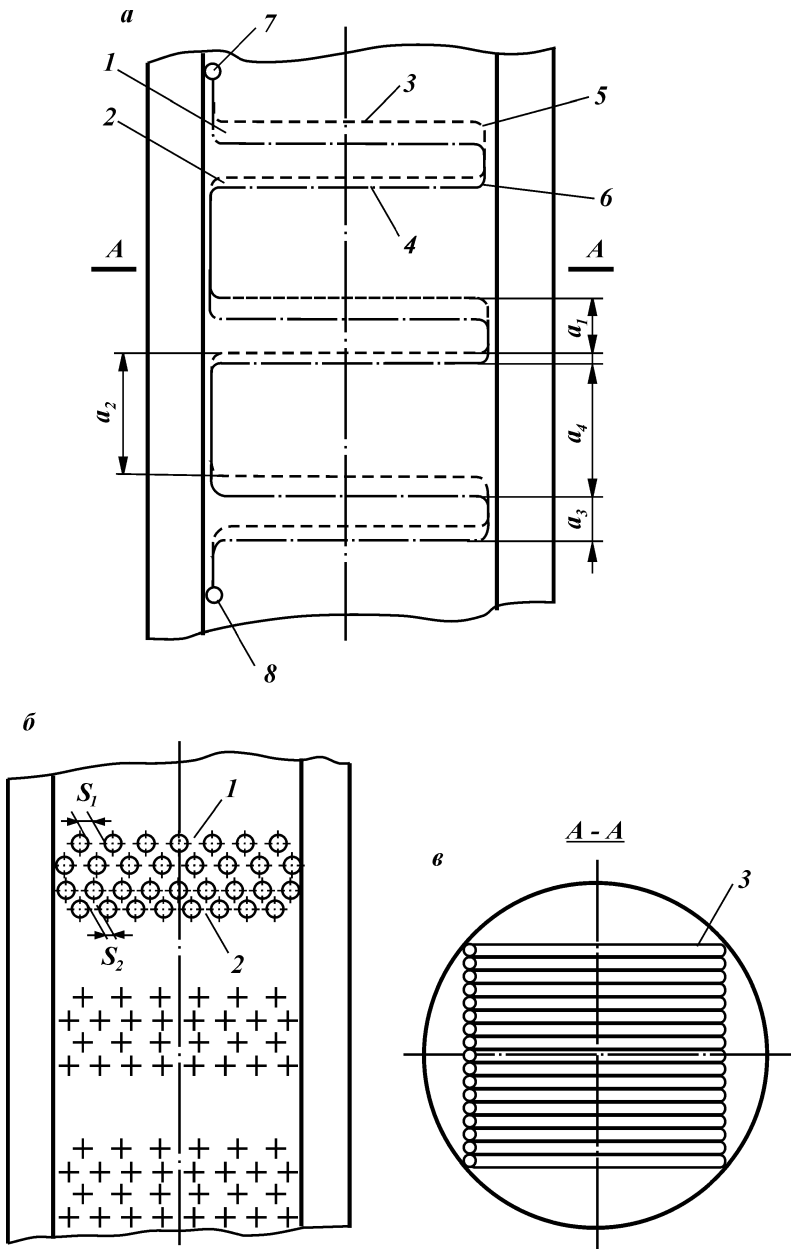

а
7
1
3
5
2
6
4
А
А
a_1
a_2
a_4
a_3
8
б
S_1
1
S_2
2
в
А - А
3

Рис. 9.4. Двухслойная тарелка для тепломассообменных аппаратов:
‡ – продольный разрез; • – вид сбоку.
1, 2 – верхний и нижний слой; 3, 4 – горизонтальные участки змеевиков; 5, 6 – змеевики; 7, 8 – коллекторы

Литература

Авторское свидетельство № 1058564, БИ № 45, 1983 (Авторы: Ю.А. Арнаутов, Л.Н. Карепина, В.Г. Гореченков, Г.К. Зиберт, Ю.А. Кащицкий).

9.1.5. ТАРЕЛКА ДЛЯ МАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Краткое описание

Предложенная тарелка (рис. 9.5) относится к аппаратам для массообменных процессов в системе газ (пар) – жидкость, к контактным устройствам тарельчатого типа.

Тарелка содержит горизонтальные полотна 1, свободное сечение которых увеличивается от нижнего полотна к верхнему, камеры 2 слива, соединенные с переливным карманом 3, распределители жидкости 4, имеющие зубчатую отбортовку 5.

Тарелка работает следующим образом.

Жидкая фаза движется сверху вниз через перфорацию полотен 1, взаимодействуя при этом с восходящим потоком газа (пара). Избыточная часть жидкости сливается с каждого полотна через соответствующие камеры 2 слива в переливной карман 3 и поступает в распределители 4 жидкости, на которые попадает также жидкость с нижнего полотна тарелки. Наличие зубчатой отбортовки 5, выполненной с горизонтальной отгибкой зубцов, обеспечивает дробление потока жидкой

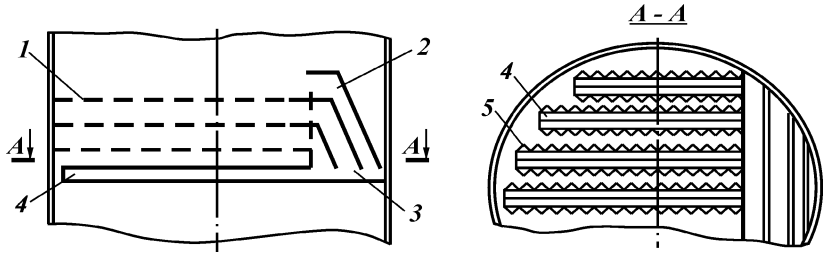


Рис. 9.5. Тарелка для массообменных аппаратов:
1 – полотна; 2 – камеры слива; 3 – переливные карманы; 4 – распределители жидкости; 5 – зубчатая отбортовка

фазы и ее равномерное распределение по сечению аппарата. Проконтактировавшая жидкость направляется на нижележащую тарелку, а поток газовой (паровой) фазы движется вверх для дальнейшего взаимодействия с жидкостью.

Эффективность

Предложенная конструкция позволяет расширить диапазон устойчивой работы тарелки и повысить ее производительность.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка.

Литература

Авторское свидетельство № 1237226, БИ № 22, 1986 (Авторы: Ю.А. Арнаутов, В.Г. Гореченков, Л.Н. Карепина, Г.К. Зиберт, З.С. Ахунов).

9.1.6. КЛАПАННАЯ ТАРЕЛКА

Краткое описание

Предложенная клапанная тарелка (рис. 9.6) относится к контактным устройствам массообменных аппаратов для процессов ректификации, абсорбции, дистилляции, например, в колоннах регенерации метанола.

Тарелка состоит из полотна 1 со сливом 2 и с прямоугольными отверстиями 3, над которыми расположены плоские клапаны 4 с ограничителем подъема в виде ножки 5. Тарелка снабжена осью 6, прикрепленной к полотну 1, смещенной относительно оси симметрии ряда отверстий в сторону, противоположную сливу, и расположенной между полотном и клапаном.

Тарелка работает следующим образом.

При малых нагрузках по газу клапан 4 находится в приоткрытом состоянии, так как опирается на ось 8, прикрепленную к полотну тарелки 1. При этом между основанием тарелки и клапаном образуется щель, через которую газ поступает на контактирование с жидкостью в противотоке. При увеличении нагрузки по газу клапан 4 поворачивается относительно оси 6 (плечо поворота ‡) и занимает горизонтальное положение. Происходит контакт газа и жидкости в перекрестном токе. При дальнейшем увеличении нагрузок по газу клапан 4 пово-

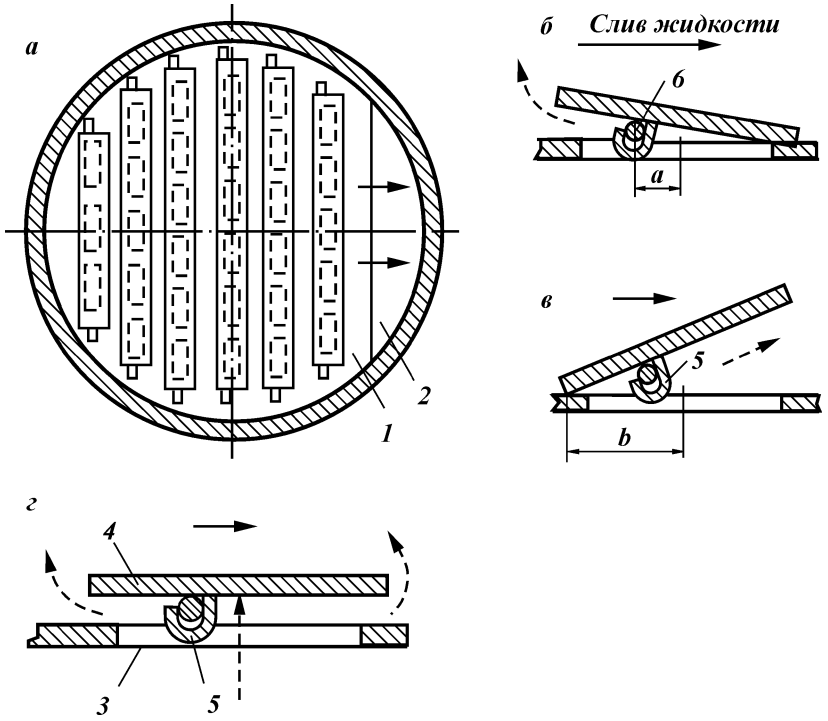


Рис. 9.6. Клапанная тарелка:
‡ – тарелка, общий вид; рабочее положение клапана: · – при малой нагрузке по газу, ¸ – при большой нагрузке, „ – при средней нагрузке.
1 – полотно тарелки; 2 – слив; 3 – прямоугольные отверстия; 4 – плоские клапаны; 5 – ограничитель подъема; 6 – ось

рачивается относительно оси 6, касается полотна тарелки 1 своей кромкой, приподнимается над осью и поворачивается уже относительно новой линии опоры (края клапана), плечо поворота становится равным b. Клапан полностью открыт, когда ограничитель 5 касается оси 6.

При полном открытии клапана происходит контакт газа с жидкостью в режиме прямотока. Такая последовательность открытия клапана тарелки обеспечивает высокую эффективность контакта газа с жидкостью при малых, средних и больших нагрузках по газу.

Ограничитель выполнен в виде оси, соединенной с полотном тарелки, смещенной относительно центра отверстий, и ножки, соединенной с клапаном и охватывающей ось. Ось закрепляется на полотне тарелки, а клапан лежит на оси,

смещенной относительно оси симметрии ряда отверстий. Это позволяет применять плоский клапан, исключает необходимость его перфорации, прилипание его к полотну тарелки. Расположение клапана на оси позволяет организовать начальное приоткрытие клапана (обеспечить зазор между клапаном и полотном тарелки при плоском клапане без его изгиба, т.е. без технологических операций изменения его формы).

Размещение клапана на оси и смещение ее в сторону, противоположную сливу, дает возможность установить следующую последовательность контактирования газа с жидкостью: прямоток, перекрестный ток, противоток при соответственно больших, средних и малых нагрузках по газу и небольших усилиях на открытие клапана при переходе от одной нагрузки по газу к другой с изменением плеча опоры (поворота) клапана. Таким образом обеспечиваются высокие показатели по эффективности. Это соответствует технологичности конструкции.

Ножка клапана охватывает ось в пределах тела клапана, что обеспечивает, кроме того, дополнительную перфорацию в клапане и создает подвижный шарнир для обеспечения плавного перехода открытия клапана с одной стороны на противоположную.

Эффективность

Технико-экономическая эффективность предложенного технического решения заключается в экономии металла при раскрое упрощенной конструкции клапана, не требующем специального штампа, производство является безотходным, т.е. снижается трудоемкость изготовления за счет упрощения оснастки и сокращения числа операций на изготовление клапана. Кроме того, повышается эффективность процесса разделения за счет уменьшения усилий на открытие клапана и изменения его положений в переходных режимах и увеличивается надежность конструкции путем исключения нагруженных участков клапана с остаточными напряжениями от штамповки.

Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1604389, БИ № 41, 1990 (Автор Г.К. Зиберт).

9.1.7. КОНТАКТНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к аппаратурному оформлению тепломассообменных процессов в системе газ (пар) – жидкость.

На рис. 9.7 показан контактный элемент.

Контактный элемент для контактирования газа с жидкостью представляет собой плато 1 с двумя совмещенными отверстиями, снабженными просечками 2, отогнутыми во встречных направлениях под плато 1, имеющими отгибы 3 в сторону плато 1 с образованием щелей 4 для прохода газовой фазы между передними кромками просечек 2 и плато 1. Отверстия в плато размещены таким образом, что часть просечки 2 одного отверстия под плато и отгиб 3 просечки 2 другого отверстия находятся в одной плоскости.

Угол α отгиба просечек 2 под плато 1 может быть равен углу β отгиба просечек 3 в сторону плато 1.

Тепломассообменная тарелка, снабженная данными контактными элементами, работает следующим образом.

Газ (пар) поступает на тарелку снизу и, проходя через щели 4 под углом к плато 1, поступает в слой жидкости, подаваемой на плато 1 с вышележащей тарелки или распределительного устройства. При взаимодействии газа с жидкостью над плато 1 образуется двухфазный газожидкостной слой в виде пузырьков, капель и пленок жидкости, в котором происходит процесс тепломассообмена. Жидкость сливается организованными струями через треугольные щели, образованные боковыми кромками частей просечек 3, расположенных над плато 1, и кромками отверстий. Для предотвращения провала жидкости между просечками совмещенных отверстий часть просечки 2 одного отверстия, отогнутая под плато 1, и отгиб 3 просечки другого отверстия находятся в одной плоскости. Таким образом, каждый контактный элемент имеет по две щели для прохода газовой фазы и по две треугольные щели для слива жидкости. Для обеспечения технологичности изготовления тарелок и улучшения условий слива жидкости целесообразно контактные элементы располагать таким образом, чтобы угол α отгиба просечек 2 под плато 1 был равен углу β отгиба 3 просечек в сторону плато 1.

Эффективность

Использование предложенного технического решения при конструировании противоточных тарелок позволяет увеличить

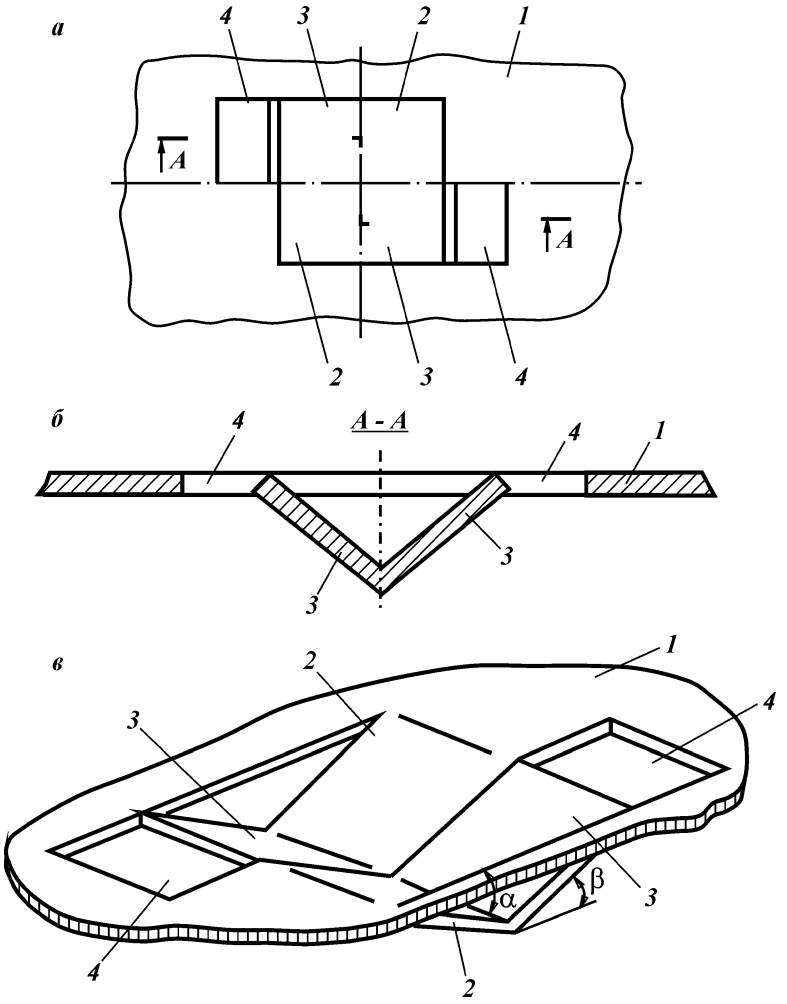


Рис. 9.7. Контактный элемент:
1 – плато; 2 – просечки; 3 – отгибы; 4 – щели для прохода газовой фазы

проходное сечение до 40–45 %, что увеличивает производительность контактного элемента по газовой фазе.

Литература

Авторское свидетельство № 1613128, БИ № 46, 1990 (Авторы: Ю.Н. Скрынник, А.С. Меренов, В.Л. Зеленцов, О.С. Чехов, Ю.А. Арнаутов, В.И. Гибкин, Г.К. Зиберт).

9.1.8. ТЕПЛОМАССООБМЕННАЯ ТАРЕЛКА

Краткое описание

Предложенная тепломассообменная тарелка (рис. 9.8) предназначена для использования в процессах тепломасообмена в системе газ – жидкость.

Тарелка содержит плато 1, на котором расположены рядами контактные элементы, выполненные в виде отверстий 2 в плато 1, каждое из которых снабжено просечкой 3, отогнутой под плато 1 и имеющей дополнительный отгиб 4 в сторону плато 1 с образованием с одной из кромок отверстия 2 щели 5 для прохода газовой фазы. Контактные элементы расположены так, что расстояние в плато между близлежащими передними кромками просечек 3 контактных элементов смежных рядов равно

$$l = 1{,}48...1{,}66(t - b),\ м,$$

где t – расстояние между продольными осями контактных элементов смежных рядов, м; b – ширина просечки контактного элемента, м.

Для рационального размещения контактных элементов в смежных рядах принимается, что они должны быть расположены таким образом, чтобы контакт между газожидкостными струями, истекающими из-под близлежащих просечек смежных рядов, проходил по их границам. В этом случае на границах струй обеспечивается большая разность скоростей потоков, возникают высокие касательные напряжения и происходит интенсивное дробление фаз. При этом предотвращается нежелательное лобовое столкновение струй.

Чтобы решить поставленную задачу, необходимо знать угол раскрытия струи, истекающей из-под просечки контактного элемента. Для этого провели исследования характера истечения газовой струи из-под просечки единичного контактного элемента. Исследованные контактные элементы имели размер отверстия 20×33 мм, 30×50 мм, 40×66 мм. Углы отгиба просечки под плато и дополнительного отгиба принимались равными и составляли 15, 30 и 45°. На основании обработки экспериментальных данных получено, что внешняя граница свободной струи имеет практически постоянный угол раскрытия, который равен $2\alpha = 62 \div 68°$.

Для нахождения оптимального взаиморасположения близлежащих просечек контактных элементов смежных рядов рассмотрим треугольник $ÄÇë$, в котором угол $\angle ÇÄë$ равен

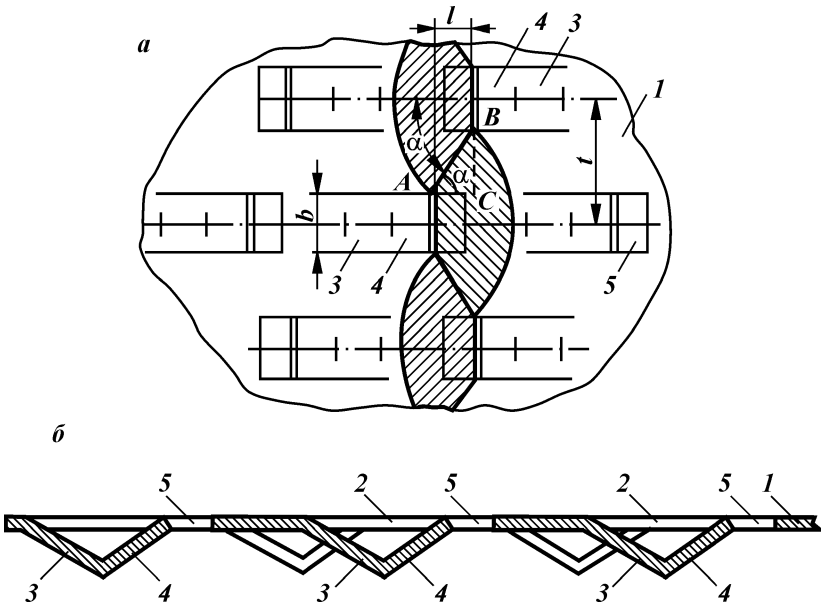


Рис. 9.8. Тепломассообменная тарелка:
‡ – вид сверху; · – продольный разрез.
1 – плато; 2 – контактные элементы; 3 – просечка; 4 – дополнительный отгиб; 5 – щель для прохода газовой фазы

$\alpha = 31 \div 34°$, сторона Çë = (t – b), а сторона Äë = 1. Тогда из Δ ÄÇë имеем

$$l = (t - b)\mathrm{ctg}\alpha = 1{,}48...1{,}66(t - b), \text{ м.}$$

Тепломассообменная тарелка работает следующим образом.

Газ подается на тарелку снизу и, проходя через щели 5 между отогнутыми частями просечек 3 и кромками отверстий 2 в плато 1 под углом к плато 1, поступает в слой жидкости, подаваемой на тарелку с вышележащей тарелки.

При взаимодействии газожидкостных струй над плато 1 образуется высокотурбулизованный газожидкостный слой. Наиболее интенсивное взаимодействие происходит на границах струй, истекающих из-под близлежащих просечек 3 контактных элементов смежных рядов. При этом за счет интенсивного мелкодисперсного дробления газовой и жидкой фаз достигается развитая межфазная поверхность и высокая интенсивность тепломассообмена. Взаимодействие газожидкостных струй на их границах не вызывает столкновения их между собой, что

обеспечивает однородность распределения двухфазного слоя по плато и не приводит к росту гидравлического сопротивления и брызгоуноса.

Жидкость с тарелки сливается через щели под плато 1, образованные кромками отверстий 2 и кромками частей просечки 3, расположенных под плато 1.

Эффективность

Применение предложенного технического решения позволяет увеличить интенсивность процессов тепломассообмена за счет развития поверхности контакта фаз и улучшения однородности распределения газожидкостного слоя по плато, а также снизить гидравлическое сопротивление тарелки и межтарельчатый унос жидкости за счет предотвращения взаимовстречного столкновения газожидкостных струй.

Литература

Авторское свидетельство № 1637820, БИ № 12, 1991 (Авторы: Ю.Н. Скрынник, В.Л. Зеленцов, А.С. Меренов, О.С. Чехов, Ю.А. Арнаутов, Г.К. Зиберт, В.И. Гибкин, В.Г. Гореченков).

9.1.9. КОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Краткое описание

Предложенное контактное устройство относится к контактным устройствам тарельчатого типа в тепломассообменных аппаратах.

Как описывалось в п. 1.2.1, в аппаратах очистки газа от кислых примесей, работающих при высоких давлениях, целесообразно применение прямоточно-центробежных элементов с нисходящим движением фаз.

Для процессов сероочистки, протекающих при средних давлениях, предлагается использовать в качестве контактных устройств трубчато-пластинчатые тарелки. Трубчато-пластинчатая тарелка (рис. 9.9) имеет высокую производительность, благодаря хорошим аэродинамическим характеристикам и наличию большого свободного сечения.

Предложенная тарелка состоит из трубчатого полотна 1, изготовленного из ряда параллельных труб с зазором между

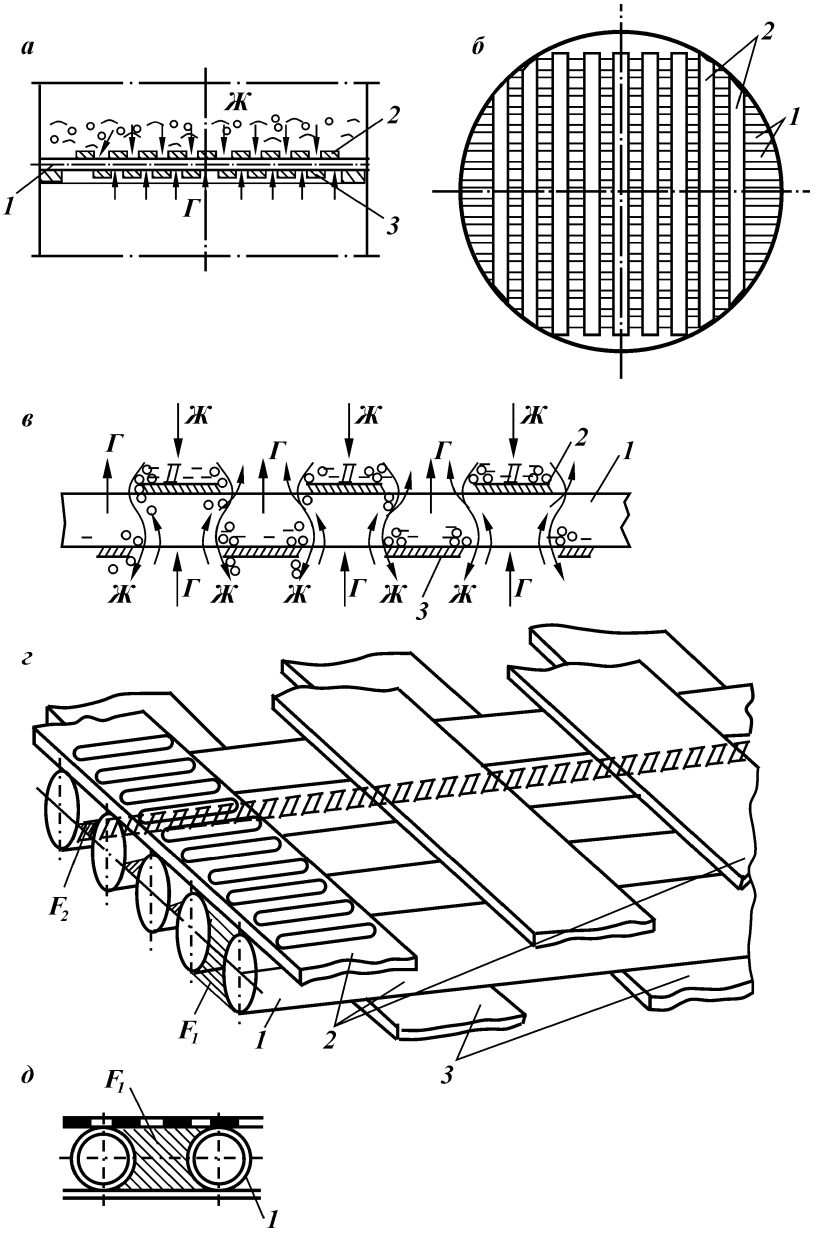

а
Ж
2
1
Г
3
б
2
1
в
Ж
Ж
Ж
Г
Г
Г
2
1
Ж
Г
Ж
Ж
Г
Ж
3
Ж
Г
г
F2
F1
1
2
3
д
F1
1

Рис. 9.9. Трубчато-пластинчатая тарелка:
‡ – продольный разрез; · – вид в плане; ¸ – схема движения потоков жидкости и газа на тарелке, продольный разрез; „ – часть тарелки, аксонометрия; ‰ – межтрубное пространство, заключенное между лентами и перфорация верхних лент в пределах проекции труб, поперечное сечение.
1 – трубчатое полотно; 2, 3 – металлические ленты (пластины)

трубами, определяемым расчетно в зависимости от производительности тарелки на трубчатом полотне; под ним закреплены плоские металлические ленты 2 и 3 в поперечном направлении труб. Верхние ленты 2 смещены относительно нижних 3 с образованием зазора между ними. Зазор между кромками лент составляет 20–50 % от диаметра трубы. Площадь поперечного сечения межтрубного пространства, заключенного между лентами, равна сумме площадей продольного сечения минимального зазора между трубами $\Sigma F_1 \cong \Sigma F_2$. Верхние ленты 2 перфорированы в пределах проекций труб.

Контактное устройство работает следующим образом.

Газ и жидкость проходят противотоком через одни и те же проходы между трубами. При взаимодействии газа и жидкости на трубчатом полотне образуется слой газожидкостной смеси, которая стекает в проходы между трубами, омывая их.

На верхних и нижних лентах под действием газового потока снизу происходит дополнительная задержка жидкости, и вдоль кромок лент образуется сильнотурбулизированный слой, в котором также происходит массообмен между контактирующими фазами.

Эффективность

Предложенное устройство позволяет улучшить условия контакта фаз за счет дополнительной зоны взаимодействия в проходных щелях между трубами, обеспечивающей повышение эффективности процесса.

Кроме того, трубчато-пластинчатые тарелки имеют простую конструкцию, исключающую специальную технологическую штампованную оснастку для изготовления на машиностроительных предприятиях. Это позволяет изготавливать их непосредственно эксплуатационными предприятиями с использованием трубок вышедших из строя теплообменников. Тарелки выполняются разборными, что позволяет монтировать и демонтировать их через люк-лазы.

Малое гидравлическое сопротивление и повышенная производительность и эффективность позволяют довольно широко использовать их в различных технологических процессах

помимо установок сероочистки. Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 1681877, БИ № 37, 1989 (Авторы: Г.К. Зиберт, Ю.А. Арнаутов, А.С. Меренов).

Холпанов Л.П., Запорожец Е.П., Зиберт Г.К., Кащицкий Ю.А. Математическое моделирование нелинейных термогидрогазодинамических процессов. – М.: Наука, 1998. – 320 с.

9.1.10. СПОСОБ МАССООБМЕНА ПАРА (ГАЗА) НА ТРУБЧАТЫХ ТАРЕЛКАХ С ДВУМЯ ЗОНАМИ КОНТАКТА

Краткое описание

Предложенный способ относится к разделению многокомпонентных смесей путем противоточного массообмена между газом (паром) и жидкостью на трубчатых тарелках и может быть использован в процессах регенерации абсорбента, стабилизации газового конденсата, абсорбции углеводородов из газа.

На рис. 9.10, ‡, · показаны схемы реализации способа массообмена газа и жидкости.

Исходную охлажденную жидкую смесь (жидкостный поток) подают по линии 1 в трубки тарелки, охлаждая их стенки, на которых конденсируют из газового потока 2 низкокипящую его часть (поток 3). Далее поток 3 в виде газового конденсата подают навстречу поднимающемуся газовому потоку 4, осуществляя массообмен в первой зоне контакта, образуя жидкостный поток 5 и газовый поток 2. Нагретую газовым потоком 2 жидкую смесь по линии 1 выводят из трубок теплообменника, разделяют на газовый поток 6 и жидкостный поток 7. Жидкостный поток 7 подают на контакт с газовым потоком 8 (несконденсировавшейся частью газового потока 2), т.е. образуют вторую зону контакта. После контакта жидкостные потоки 9 и 5 направляют на нижележащую трубчатую тарелку, а образовавшийся газовый поток 10 – на вышележащую тарелку, где процесс может повторяться.

На рис. 9.10, · показана схема процесса, когда часть жид-

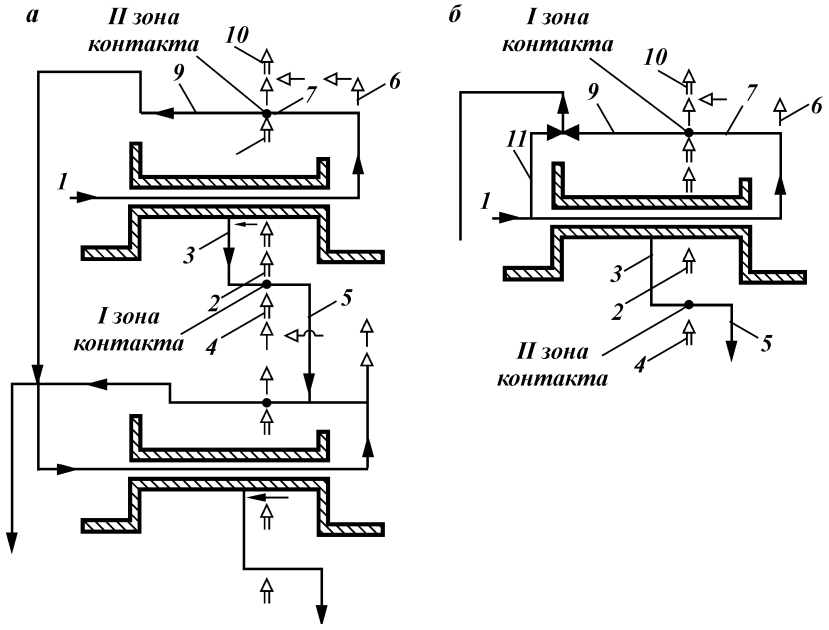


Рис. 9.10. Схемы реализации способа массообмена газа и жидкости:
1–11 – технологические линии процесса массообмена

костного потока по линии 1 направляют в трубки тарелки, а другую часть – поток 11 – направляют непосредственно на тарелку для контакта с газовым потоком 8. Эта схема позволяет регулировать количество подаваемого холодного орошения в трубки тарелки, а следовательно, и количество потока 3 (создаваемой флегмы) под тарелкой.

Эффективность

Предложенный способ массообмена газа и жидкости на трубчатых тарелках с двумя зонами контакта позволяет повысить эффективность массопередачи многокомпонентных смесей за счет образования флегмы в первой зоне, отличающейся по составу от орошаемой жидкости во второй зоне контакта.

Техническое решение используется в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1152599, БИ № 16, 1985 (Авторы: Г.К. Зиберт, В.Г. Гореченков, Ю.А. Арнаутов).

9.1.11. МНОГОПОТОЧНАЯ КОНТАКТНАЯ ТАРЕЛКА

Краткое описание

Многопоточная контактная тарелка относится к контактным устройствам для осуществления процессов ректификации, абсорбции, дистилляции в аппаратах для разделения газовых и жидкостных смесей (например, углеводородных), для очистки газа от сероводорода жидкими абсорбентами, а также при разделении углеводородного конденсата.

Многопоточная контактная тарелка обеспечивает эффективную работу колонного аппарата в условиях больших жидкостных нагрузок.

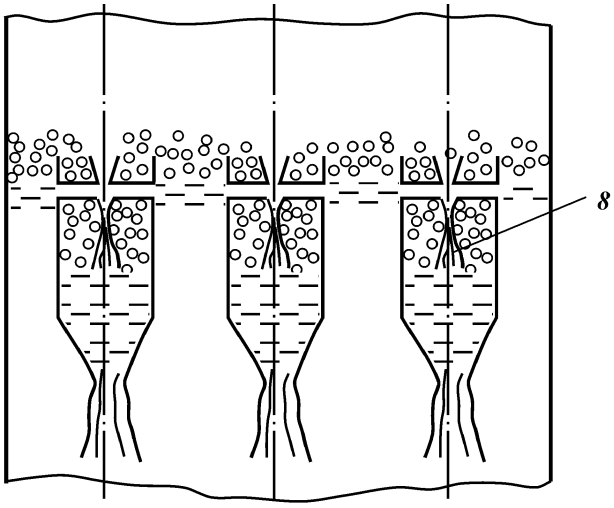
Многопоточная контактная тарелка (рис. 9.11) содержит основание 1, снабженное контактными элементами 2 и переливными коробами 3, выступающими над основанием 1.

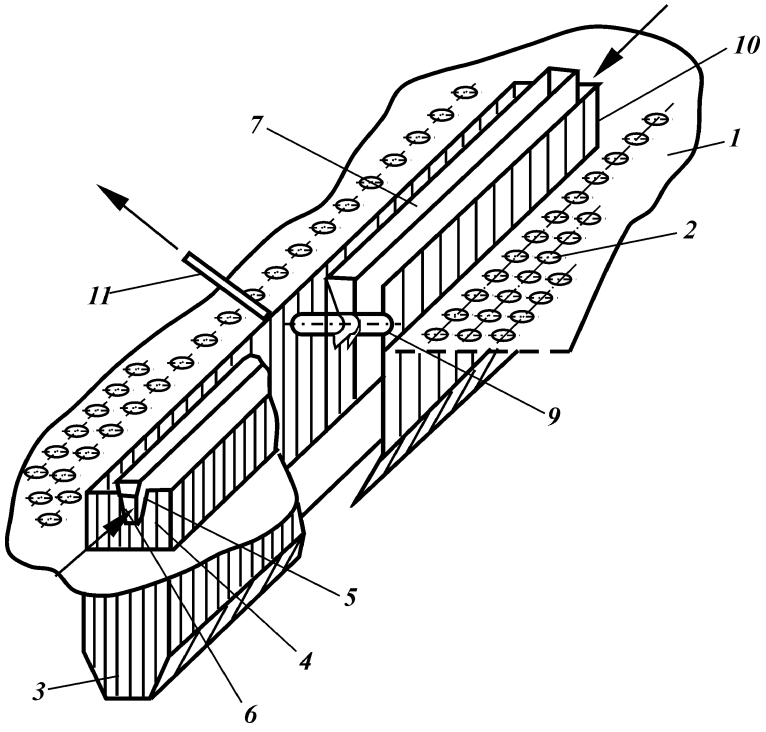
В переливном коробе 3 на торцевых стенках 4 выше основания 1 выполнены отверстия 5, в которых размещены открытые торцы 6 коллектора 7, расположенного по оси сливного короба, снабженного в нижней части продольной щелью 8 для выхода жидкости в переливной короб 3. Коллектор 7 снабжен трубками 9, выведенными в боковые стенки 10 короба 3. В боковых стенках 10 ниже коллектора 7 расположена газоотводящая трубка 11, верхний конец которой выведен выше переливного короба 3. Трубка 11 установлена наклонно к боковым стенкам 10 короба 3, чтобы верхние концы трубки были удалены от перелива и не препятствовали перетоку жидкости.

Предложенная тарелка работает следующим образом.

Газ, поднимающийся с низу основания 1 тарелки, проходит через контактные элементы (каналы) 2 и взаимодействует с жидкостью, расположенной на основании 1, после чего отводится с тарелки. При взаимодействии газа с жидкостью (барботаже) на основании 1 образуется слой газожидкостной смеси, при этом в нижней части располагается слой осветлен-

Рис. 9.11. Многопоточная контактная тарелка:
1 – основание; 2 – контактные элементы; 3 – переливной короб; 4 – торцевые стенки; 5 – отверстия; 6 – открытые торцы; 7 – коллектор; 8 – продольная щель; 9 – трубка; 10 – боковая стенка; 11 – газоотводная трубка


8


10
7
1
2
11
9
5
4
3
6

ной жидкости, высота которого зависит от высоты выступающей над основанием 1 части короба 3, а в верхней части – насыщенная газом жидкость (пена), т.е. жидкость с меньшей плотностью. Далее насыщенная газом жидкость переливается через боковые стенки 10, а более светлая жидкость поступает через отверстие 5, расположенное вне зоны барботажа, а также через трубки 9 в коллектор 7, откуда через продольные щели 8 вертикальной плотной пленкой стекает в переливной короб 3. Поток осветленной жидкости, вытекающей из продольной щели 8, разделяет два встречных потока насыщенной газом жидкости, перетекающие через боковые стенки 10, и одновременно разрушает пенный слой в переливных коробах. Выделившийся при этом газ отводится через трубку 11, а жидкость из переливных коробов 3 поступает на нижележащую тарелку.

Эффективность и область применения

Использование предложенной многопоточной контактной тарелки позволяет увеличить производительность колонных аппаратов в 1,4–1,6 раза, а также увеличить эффективность тарелки за счет лучшей дегазации жидкости в переливных коробах и подачи на нижележащую ступень осветленной жидкости.

Колонные аппараты с многопоточными ситчатыми тарелками (80 колонн) внедрены и успешно эксплуатируются на многочисленных отечественных заводах: Оренбургском ГПЗ, Мубарекском ГПЗ, Ухтинском ГПЗ, Краснодарском ГПЗ, Нижневартовском ГПЗ, Сургутском заводе по переработке конденсата.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 904725, БИ № 6, 1982 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.К. Глушко, Д.Ц. Бахшиян, В.Г. Гореченков, И.А. Александров).

Холпанов Л.П., Запорожец Е.П., Зиберт Г.К., Кащицкий Ю.А. Математическое моделирование нелинейных термогидрогазодинамических процессов. – М.: Наука, 1998. – 320 с.

9.1.12. ПОЛУГЛУХАЯ ТАРЕЛКА

Краткое описание

Предложенная полуглухая тарелка относится к тарелкам колонных аппаратов и напорных сосудов для жидкостно-непроницаемого разделения разных пространств.

На рис. 9.12 показана полуглухая тарелка в разрезе.

Полуглухая тарелка состоит из основания 1 чашеобразной формы, которое снабжено опорным элементом 2. Опорный элемент опирается на кронштейн 3, закрепленный на корпусе аппарата 4. Над основанием 1 с зазором установлено коническое кольцо 5, жестко связанное с корпусом 4. Основание полуглухой тарелки снабжено патрубком 6 слива жидкости. Для подачи жидкости в полуглухую тарелку над ней может быть установлено переливное устройство 7. Для регулировки уровня жидкости на полуглухой тарелке в корпусе аппарата 4 предусматривается штуцер 10, который соединен по жидкости с основанием полуглухой тарелки 1.

Устройство работает следующим образом.

Жидкость поступает в основание 1 чашеобразной формы, набирается до определенного уровня (задается регулятором 9 уровня), после чего выводится из аппарата.

Газ поступает с нижней части аппарата, обтекает основание 1 чашеобразной формы, поднимается между стенкой корпуса 4 и основанием 1 вверх по кольцевому зазору между коническим кольцом 5 и основанием 1.

В случае провала жидкости по сечению аппарата жидкость стекает по стенкам конического кольца 5 в основание 1, т.е. исключается попадание жидкости в газовое пространство ниже основания 1. При этом герметичность крепления конического кольца к корпусу играет второстепенную роль, так как шов проверки конического кольца не затоплен и жидкость по направляющей поверхности конуса свободно стекает на основание.

Чашеобразная форма полуглухой тарелки позволяет выполнить ее методом штамповки из целого листа, а в случае сварного варианта проверить ее герметичность вводом жидкости вне аппарата в вертикальном рабочем положении. Это исключает дополнительные операции по контролю герметичности полуглухих тарелок на колоннах после их монтажа в вертикальном положении и необходимость ремонта (повторной проварки швов), что наблюдается, например, в серийных колонных аппаратах высокого давления по осушке газа.

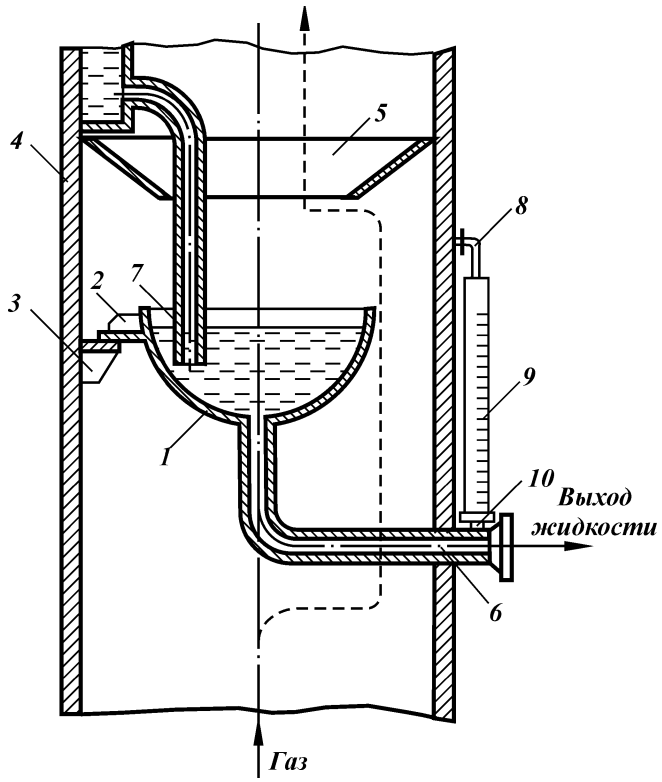


Рис. 9.12. Полуглухая тарелка:
1 – основание; 2 – опорный элемент; 3 – кронштейн; 4 – корпус аппарата; 5 – коническое кольцо; 6 – патрубок слива жидкости; 7 – переливное устройство; 8, 10 – штуцер; 9 – регулятор уровня

Эффективность

Предложенное техническое решение – установка конического кольца с зазором к основанию – исключает жесткое соединение корпуса с основанием полуглухой тарелки, а следовательно, и силовые напряжения между ними, позволяет выполнить их из металлов с различными линейными расширениями и биметаллов. Это упрощает конструкцию и монтаж. Выполнение конуса диаметром равным или менее диаметра основания исключает провал жидкости ниже основания полуглухой тарелки, что дает возможность исключить потери, например, ДЭГ, повысить герметичность поверхности.

Предложенное техническое решение повышает надежность технологического оборудования за счет исключения потерь жидкости, например дорогостоящих абсорбентов, которые возможны из-за разгерметизации полуглухой тарелки с корпусом в местах сварки, например, из-за температурных перепадов в аппарате.

Упрощается конструкция за счет исключения приварки тарелки к корпусу, контроля полуглухой тарелки, так как она может быть проверена в рабочем (вертикальном) положении на герметичность вне аппарата наливом, и, самое главное, основание не связано жестко со стенками корпуса и может свободно расширяться независимо от расширения стенок корпуса.

Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 1327899, БИ № 29, 1987 (Автор Г.К. Зиберт).

9.1.13. КОНТАКТНЫЕ И СЕПАРАЦИОННЫЕ ПРЯМОТОЧНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

КОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Краткое описание

Предложенное контактное устройство относится к области тепломассообменных устройств, применяемых в колонных аппаратах для процессов абсорбции, десорбции, ректификации.

На рис. 9.13 показан продольный разрез устройства.

Устройство содержит цилиндрический патрубок 1, размещенный на основании 2 с отверстием 3 для прохода газа, расположенным соосно с цилиндрическим патрубком. В отверстии 3 под основанием 2 размещен цилиндрический клапан 4 с горизонтальной перегородкой-донышком 5 и направляющими центробежными каналами 6 и 7. Для ограничения подъема

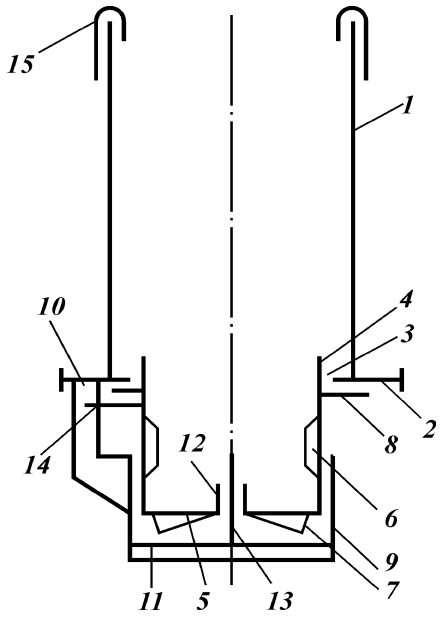


Рис. 9.13. Контактное устройство для тепломассообменных аппаратов:
1 – цилиндрический патрубок; 2 – основание; 3 – отверстие для прохода газа; 4 – клапан; 5 – донышко; 6, 7 – каналы; 8 – кольцо; 9 – обечайка; 10 – дистанционная направляющая; 11, 14 – фиксатор; 12 – ползун; 13 – направляющая; 15 – каплесъемник

клапан снабжен кольцом 8. Кольцо 8 является также уплотнительным, так как при поднятом клапане препятствует проскоку газа в зазор между колпачковым клапаном 4 и основанием 2. Клапан 4 размещен соосно в цилиндрической обечайке 9, перекрывающей в опущенном состоянии его центробежные каналы. Обечайка 9 крепится к основанию 2 дистанционными направляющими 10. В нижнем положении клапан 4 ограничивается фиксаторами 11. Для предотвращения перекоса клапана он снабжен ползуном 12 и направляющей 13. Для предотвращения вращения клапан 4 может быть снабжен фиксатором 14. В верхней части патрубка устанавливается каплесъемник 15.

Устройство работает следующим образом.

При малых нагрузках по газу клапан 4 опущен и устройство работает как провальная тарелка: газ проходит через зазор между клапаном 4 и основанием и через направляющие центробежные каналы 6 и 7, при этом происходит массообмен между жидкостью и газом. При дальнейшем увеличении нагрузок по газу напор газа запирает жидкость в зазоре между клапаном и патрубком, и она переливается через края клапана на его донышко; газ, проходящий через направляющие центробежные каналы в цилиндре клапана, интенсивно контактирует с жидкостью, а в дальнейшем в закрученном виде поступает в

патрубок 1, где сепарируется от жидкости, которая затем стекает на основание через зазор между клапаном и каплесъемником 15. Оставшаяся жидкость стекает через клапан 4. При дальнейшем увеличении потока газ поднимает клапан 4, проходя через центробежные каналы в клапане, и инжектирует в зазоре между патрубком и клапаном 4 жидкость, закручивая ее в патрубке. При этом происходит интенсивный контакт между газом и жидкостью и их разделение за счет центробежных сил с последующим отделением жидкости с помощью каплесъемника.

Эффективность

Предложенная конструкция контактного устройства позволяет за счет перераспределения газового потока, т.е. направления его через поперечное сечение клапана, снизить гидравлическое сопротивление контактной ступени примерно на 30 %, а следовательно, снизить высоту разделительных колонных аппаратов и энергетические затраты на разделение.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 773999 (Автор Г.К. Зиберт).

МАССООБМЕННАЯ ТАРЕЛКА

Краткое описание

Предложенная массообменная тарелка (рис. 9.14) относится к конструктивным элементам оборудования газовой, химической, нефтеперерабатывающей и других отраслей промышленности, в которых требуется осуществлять взаимодействие газа (пара) с жидкостью. Предпочтительная область применения – абсорбционные колонны осушки и отбензинивания природного газа.

Сущность предложенной конструкции заключается в том, что отверстия для подвода жидкости выполнены на стороне патрубков, обращенной от переливного устройства, а каждый

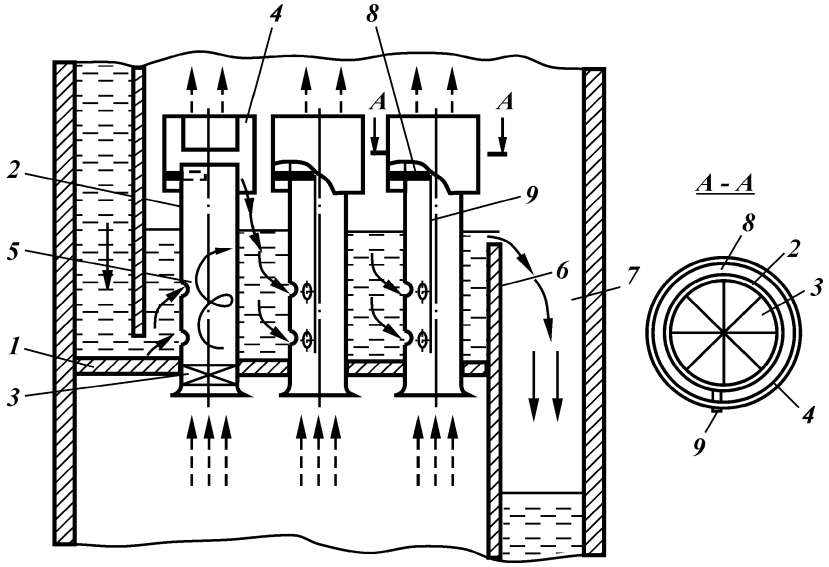


Рис. 9.14. Массообменная тарелка:
1 – полотно; 2 – вертикальные патрубки; 3 – центробежные завихрители; 4 – колпачковые сепараторы; 5 – отверстия для подачи жидкости; 6 – сливная перегородка; 7 – сливное устройство; 8 – кольцевые секторы; 9 – ребра

патрубок снабжен кольцевым сектором, расположенным в нижней части колпачкового сепаратора в зоне над отверстиями для подвода жидкости.

Устройство содержит полотно 1, в котором укреплены трубчатые элементы в виде вертикальных патрубков 2 с центробежными завихрителями 3. Над патрубком 2 установлены колпачковые сепараторы 4. Вертикальные патрубки 2 снабжены отверстиями 5 для подачи жидкости. Полотно 1 снабжено сливной перегородкой 6, образующей сливное устройство 7. В зазорах между патрубками 2 и колпачковыми сепараторами 4 со стороны, противоположной сливному устройству 7, установлены кольцевые секторы 8, которые предотвращают сток жидкости в месте ее входа в вертикальный патрубок 2 и служат одновременно опорой колпачковых сепараторов 4. Для предотвращения вращения жидкости вдоль наружной стенки вертикального патрубка 2 установлены ребра 9.

Устройство работает следующим образом.

Жидкость, поступающая на тарелку, попадает на полотно 1, откуда поступает через отверстия 5 в первый ряд вертикальных патрубков 2. Движущийся через патрубок с высокой ско-

ростью снизу вверх газ захватывает жидкость и в закрученном потоке после центробежных завихрителей 3 интенсивно контактирует с ней. Жидкость под действием центробежных сил отделяется от газа, поступает в зазор между колпачковым сепаратором 4 и вертикальным патрубком 3, после чего с противоположной стороны от входа стекает вдоль патрубка вниз на тарелку. Далее жидкость поступает в следующий ряд вертикальных патрубков и т.д. до сливного устройства 7. Отсепарированный от жидкости газ через центральное отверстие колпачкового сепаратора 4 поступает на вышележащую тарелку.

Эффективность

Использование предложенной массообменной тарелки позволяет повысить эффективность массопередачи и увеличить расход по жидкости.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 807516 (Авторы: Г.К. Зиберт, Ю.Д. Владимиров).

КОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО

Краткое описание

Предложенное контактное устройство (рис. 9.15) относится к тепломассообменным устройствам, применяемым в колонных аппаратах газовой и нефтехимической промышленности, в частности к устройствам для контактирования газа и жидкости в процессах абсорбции, десорбции и ректификации и может быть использовано в абсорберах осушки и отбензинивания природного и нефтяного газа.

Устройство состоит из прямоточного патрубка 1, на входе которого размещен завихритель 2, а на выходе непосредственно на патрубке 1 размещен каплесъемник (пленкосъемник) 3 с центральным отверстием 4. Патрубок 1 выполнен со щелью, при этом внутренняя кромка 5 и внешняя кромка 6 расположе-

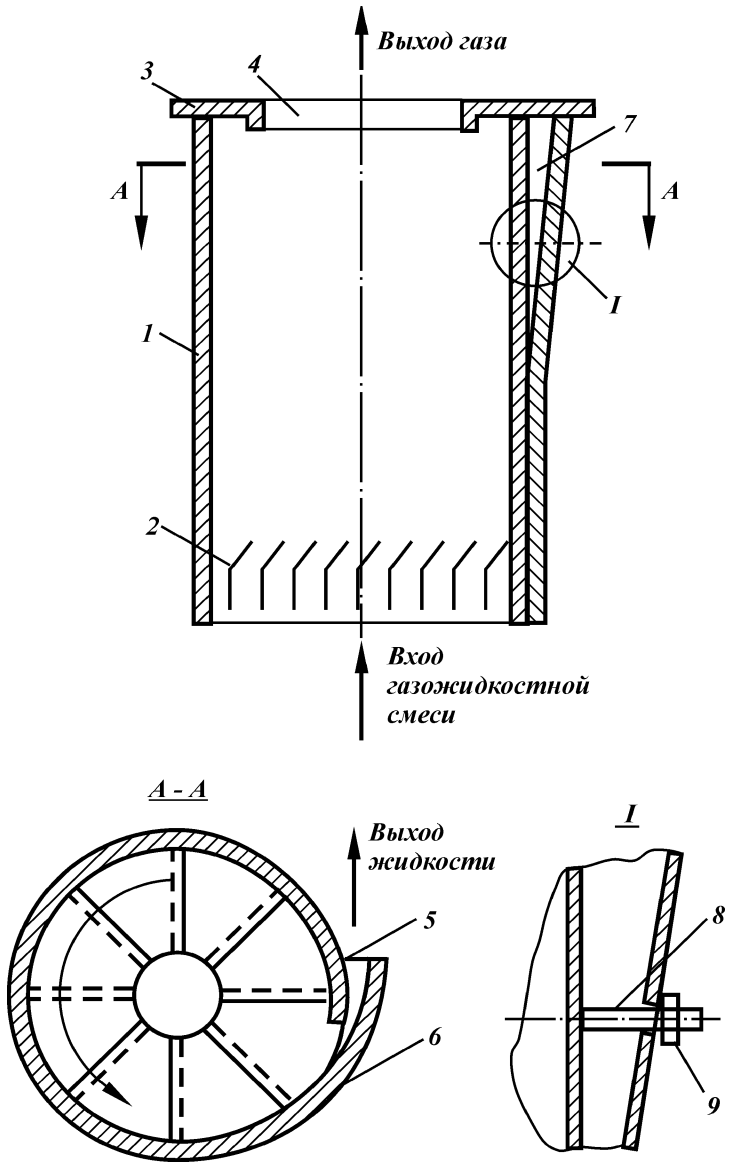


Рис. 9.15. Контактное устройство:
1 – прямоточный патрубок; 2 – завихритель; 3 – каплесъемник; 4 – центральное отверстие; 5 – внутренняя кромка; 6 – внешняя кромка; 7 – канал; 8 – шпилька; 9 – гайка

ны под острым углом и образуют с каплесъемником 3 расширяющийся сверху канал 7, снабженный регулировочным приспособлением, состоящим, например, из шпильки 8 и гайки 9.

Устройство работает следующим образом.

Газожидкостная смесь поступает в прямоточный патрубок 1 и закручивается на завихрителе 2. При этом происходит тепломассообмен между газом и жидкостью. Так как жидкость по плотности значительно отличается от газа, она сбрасывается силами инерции на внутреннюю стенку патрубка 1 и движется по нему по восходящей спирально-винтовой линии. Попадая в улиткообразный канал 7, она отводится за счет сил инерции по касательной к прямоточному патрубку в направлении сливного устройства путем ориентации канала. При малых нагрузках по жидкости проконтактировавшая жидкость заполняет его полностью. При значительно больших нагрузках по жидкости (абсорберы отбензинивания) улиткообразный канал может быть расширен резьбовым соединением (шпилькой 8 и гайкой 9). Проконтактировавший газ, отсепарированный от жидкости, проходит через центральное отверстие 4 каплесъемника 3.

Эффективность

Использование данного предложения позволяет применять одно и то же конструктивное исполнение контактного устройства для малых и больших нагрузок по жидкости, например в колоннах осушки газа (малые расходы жидкости) и колоннах отбензинивания (большие расходы жидкости).

Кроме того, контактное устройство позволяет за счет более эффективной сепарации жидкости при различных нагрузках и исключения повторного перемешивания жидкости повысить эффективность массопередачи. За счет увеличения скорости движения жидкости на контактной ступени периметры сливов, а следовательно, и диаметр аппарата могут быть уменьшены.

Конструкция патрубка с перекрывающимися образующими поверхностями позволяет выполнять прямоточный патрубок вальцовкой из листа и отказаться от применения более металлоемких патрубков из трубных заготовок.

Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 856480, БИ № 31, 1981 (Автор Г.К. Зиберт).

МАССООБМЕННАЯ ТАРЕЛКА

Краткое описание

Предложенная массообменная тарелка (рис. 9.16) относится к контактным устройствам для проведения тепломассообмена на установках осушки газа, переработки попутного нефтяного газа, аппаратах сероочистки.

Массообменная тарелка состоит из полотна 1 с установленными на нем контактными элементами, включающими патрубок 2, завихритель 3, пленкосъемник 4 и отбойную перегородку 5 с выступами 6.

Массообменная тарелка работает следующим образом.

Газожидкостный поток образуется в патрубке 2 или поступает с нижележащей распыливающей ступени через завихритель 3 в патрубок 2, где приобретает вращательно-поступательное движение. Благодаря этому тяжелая фаза – жидкость в виде пленки поднимается в верхнюю часть патрубка 2, где снимается пленкосъемником 4 и вместе с частью газового потока попадает в пространство между пленкосъемником 4 и наружной поверхностью патрубка 2. Образовавшийся газожидкостный поток, благодаря отбойной перегородке, выходит из-под пленкосъемника не вертикально вниз, а под углом к полотну массообменной тарелки, вследствие чего жидкость отбрасывается от контактного элемента. При этом, сохраняя свой вращательный момент, газожидкостный поток одного контактного элемента сталкивается с газожидкостным потоком соседнего контактного элемента, и в зоне между, по крайней мере, двумя контактными элементами происходит их взаимное гашение. При этом энергии соседних газожидкостных потоков становится недостаточно для срыва жидкости с полотна тарелки. Этим ликвидируется вторичный унос жидкости со ступени контакта.

Эффективность

Предложенное техническое решение позволяет уменьшить количество контактных элементов, а тем самым диаметр аппарата, что, в свою очередь, позволяет снизить металлоемкость

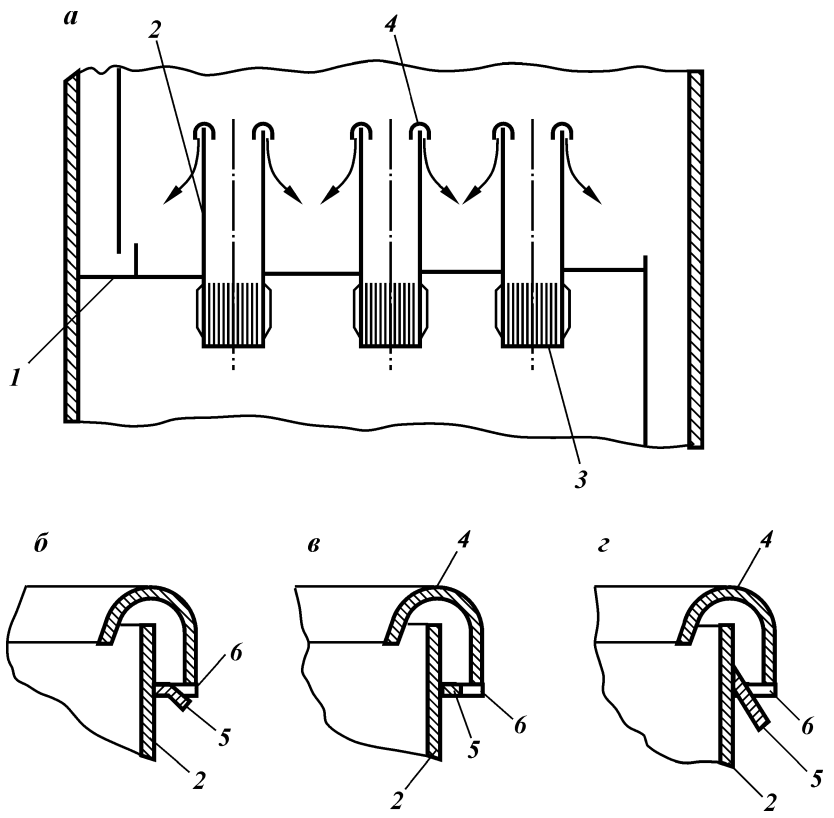


Рис. 9.16. Массообменная тарелка:
‡ – тарелка; · – кольцевая перегородка с отогнутым концом; ¸ – вариант перегородки, расположенной под углом 90° к патрубку; „ – вариант перегородки, установленной под острым углом к патрубку.
1 – полотно; 2 – патрубок; 3 – завихритель; 4 – пленкосъемник; 5 – перегородка; 6 – выступы

оборудования. Кроме того, повышается эффективность и производительность за счет снижения вторичного уноса жидкости газовым потоком при динамическом гашении скорости газовых потоков. Техническое решение используется в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 891103, БИ № 47, 1981 (Авторы: Г.К. Зиберт, О.С. Петрашкевич, В.И. Гибкин).

МАССООБМЕННАЯ ТАРЕЛКА

Краткое описание

Предложенная массообменная тарелка (рис. 9.17) относится к контактным устройствам для проведения массообмена в процессах абсорбции, десорбции, ректификации на установках осушки газа, переработки попутного нефтяного газа, аппаратах сероочистки.

Массообменная тарелка работает следующим образом.

Газожидкостный поток образуется в патрубке 2 или поступает с нижележащей распыливающей ступени через завихритель 3 в патрубок 2, где приобретает вращательно-поступательное движение. Благодаря этому тяжелая фаза – жидкость в виде пленки поднимается в верхнюю часть патрубка 2, где принимается каплесъемником 4 и вместе с частью газового потока попадает через гарантированный зазор, образованный сфероидальными выступами 5, в пространство между пленкосъемником 4 и наружной поверхностью патрубка 2. Образовавшийся газожидкостный поток, благодаря отбойной перегородке, выходит из-под пленкосъемника не вертикально вниз, а под некоторым углом к полотну массообменной тарелки, вследствие чего жидкость отбрасывается от контактного элемента. Таким образом, предотвращается ее рециркуляция в одном контактном элементе. При этом, сохраняя вращательно-поступательное движение, газожидкостный поток одного контактного элемента сталкивается с газожидкостным потоком соседнего контактного элемента, и в зоне между, по крайней мере, двумя соседними контактными элементами происходит их взаимное гашение. При этом энергия соседних газожидкостных потоков становится недостаточна для срыва жидкости с полотна тарелки. Тем самым ликвидируется унос жидкости со ступени контакта.

Эффективность

Предложенное техническое решение позволяет повысить эффективность контактных элементов за счет увеличения сечения для прохода фаз при жесткой фиксации колпачкового пленкосъемника с патрубком и отказаться от необходимости выполнения специальных приспособлений для сборки.

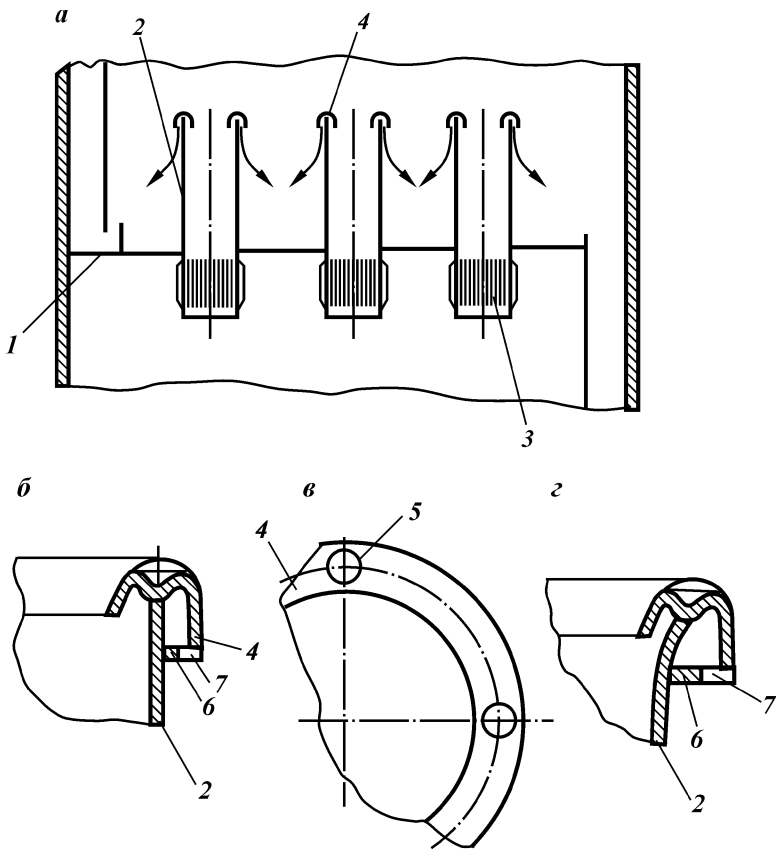


Рис. 9.17. Массообменная тарелка:
‡ – общий вид; · – колпачковый пленкосъемник со сфероидальными выступами, патрубком и кольцевой перегородкой; ¸ – то же, вид в плане; „ – то же, с отбортовкой.
1 – полотно; 2 – патрубок; 3 – завихритель; 4 – съемник; 5 – сфероидальные выступы; 6 – отбойная перегородка; 7 – выступ

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1066624, БИ № 2, 1984 (Авторы: Г.К. Зиберт, О.С. Петрашкевич, А.Ю. Кащицкий).

Краткое описание

Предложенная контактно-сепарационная тарелка (рис. 9.18) относится к контактным устройствам для проведения массообмена и сепарации в процессах абсорбции, десорбции, ректификации, в частности, на установках осушки газа, аппаратах сероочистки.

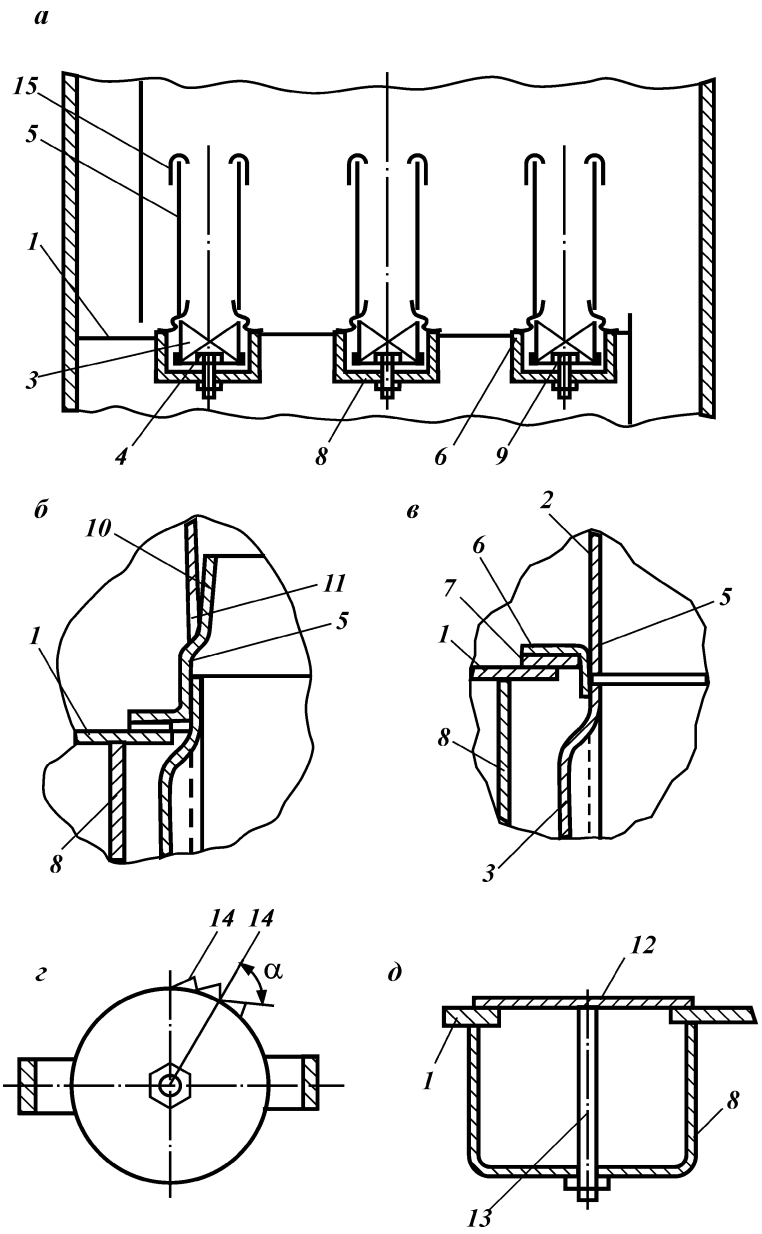
Тарелка состоит из полотна 1 с установленными на нем прямоточно-центробежными элементами, включающими патрубок 2, тангенциальный завихритель 3 с донышком 4. Патрубок 2 и завихритель 3 соединены вертикальной стенкой 5 отбортованного кольца, которое опирается горизонтальной стенкой 6 на прокладку 7 и на полотно 1. Прямоточно-центробежные элементы прижаты к полотну 1 скобами 8, причем скобы 8 соединены тягами 9 с донышком 4 тангенциального завихрителя 3. Вертикальная стенка 5 совмещает внутренние стенки патрубка 2 и тангенциального завихрителя 3, может быть охвачена цилиндрическим патрубком 2, образуя с ним кольцевой конический канал 10 (инжектор), соединенный каналами 11 с межпатрубками на полотне тарелки, и заглушается заглушкой 12, соединенной тягой 13 со скобой 8. Нижняя часть тангенциального завихрителя 3 разделена на равные участки 14, повернутые относительно внутренней образующей цилиндра наружу на одинаковый угол. Величина разворота равна примерно 1/3 длины участка 14.

В верхней части патрубок 2 для улучшения сепарации может быть снабжен колпачковым пленкосъемником 15.

Контактно-сепарационная тарелка работает следующим образом.

Газовый поток поступает в прямоточно-центробежные элементы через тангенциальные щели завихрителя 3 и приобретает вращательно-поступательное движение. Затем закрученный поток проходит сужение, образованное вертикальной стенкой 5 отбортованного кольца. При этом скорость потока

Рис. 9.18. Контактно-сепарационная тарелка:
‡ – массообменная тарелка, общий вид; · – узел соединения полотна тарелки с патрубком и тангенциальным завихрителем; ¸ – то же, вертикальная часть снаружи патрубка; „ – узел соединения завихрителя; ‰ – узел отглушения прямоточно-центробежного элемента.
1 – полотно; 2 – патрубок; 3 – завихритель; 4 – донышко; 5 – вертикальная стенка отбортованного кольца; 6 – горизонтальная стенка; 7 – прокладка; 8 – скобы; 9, 13 – тяги; 10 – инжектор; 11 – канал; 12 – заглушка; 14 – равные участки нижней части завихрителя


а
15
5
1
3
4
8
6
9
б
10
11
5
1
8
в
2
6
7
5
1
8
3
г
14
14
α
д
12
1
8
13

постепенно увеличивается, создавая разрежение на выходе кольцевого конического канала 10. Благодаря этому, жидкость из полотна тарелки подсасывается через каналы 11 в патрубок 2, где смешивается с газовым потоком, образуя газожидкостный поток. Последний может поступать также с нижележащей распыливающей ступени через завихритель 3 в патрубок 2, в котором жидкость, как более тяжелая фаза, отбрасывается на стенки патрубка и по винтовой линии поднимается вместе с газом, при этом происходит интенсивный массообмен между жидкостью и газом. Далее жидкость отводится через кольцевой зазор между патрубком и колпачковым пленкосъемником 15, а отсепарированный газ – через центральное отверстие пленкосъемника.

При подаче газожидкостного потока с нижележащей распыливающей ступени в кольцевой канал 10 поступает часть отсепарированного газожидкостного потока.

Эффективность

Предложенное техническое решение позволяет снизить капитальные затраты на изготовление массообменного и сепарационного оборудования за счет снижения материалоемкости прямоточно-центробежных патрубков, снижения затрат на их крепление к полотну тарелки, исключения промежуточных распыливающих ступеней контакта на изготавливаемых абсорберах осушки газа, и повысить производительность за счет использования отбортованных колец, образующих с патрубками кольцевые каналы, и рециркуляции газожидкостного потока.

Техническое решение широко используется в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 1072865, БИ № 6, 1982 (Автор Г.К. Зиберт).

СПОСОБ КОНТАКТА ГАЗА И ЖИДКОСТИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Краткое описание

Предложенные устройство и способ (рис. 9.19) могут быть использованы в процессах и аппаратах ректификации и абсорбции, например, при подготовке природного газа к транспорту.

Способ контакта газа и жидкости осуществляют следующим образом.

Газовый поток G_0 закручивают и подают в него жидкость L_0, где происходит первая стадия контактирования (зона *Ä*) между газом и жидкостью. После этого жидкостный поток формируют закрученным газовым потоком по его оси в виде пленки на поверхности тела вращения. При этом осуществляют вторую стадию контактирования (зона *Ç*) между жидкостной пленкой L_1 и турбулизирующим ее газовым потоком.

Далее пленку жидкости L_1 диспергируют закрученным газовым потоком G_0 на мелкодисперсную узкую фракцию капель жидкости (зона *ë*) с получением значительной межфазной поверхности. При этом осуществляют контакт между газом и жидкостью в образовавшемся газожидкостном потоке $G_1 + L_2$ и подают его на разделение. После разделения часть газового потока G_1 направляют на соединение с газовым потоком G_2 с получением конечного газового потока $G_к$, а жидкостный поток $L_к$ подают на нижележащую ступень контакта.

Качественное диспергирование жидкостной пленки закрученным газовым потоком с образованием мелкодисперсной узкой фракции капель жидкости и строго определенным направлением подачи образовавшейся газожидкостной смеси на разделение приводит к тому, что унос жидкости на вышележащую ступень контакта с газом G_1 крайне незначителен, поэтому жидкостные потоки L_0 и $L_к$ можно количественно приравнять: $L_0 = L_к$.

Экспериментально установлено, что максимальная межфазная поверхность массообмена достигается при образовании мелкодисперсной узкой фракции капель жидкости с диаметром 100–400 мкм.

Устройство для осуществления предложенного способа работает следующим образом.

Газовый поток подают под основание 1 в завихритель 2, на котором его закручивают. В закрученный газовый поток через каналы 6 подают жидкость, после чего по оси поднимающегося закрученного газового потока формируют жидкость в виде

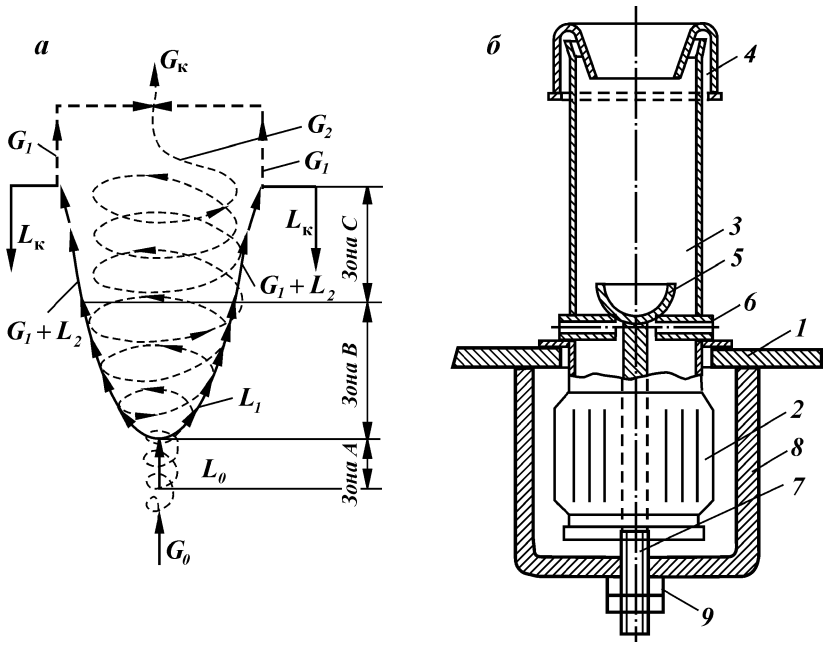


Рис. 9.19. Способ контакта газа и жидкости (‡) и устройство для его осуществления (·):

G_0, G_1, G_2, $G_к$ – газовые потоки; L_0, L_1, L_2, $L_к$ – жидкостные потоки; $G_1 + L_2$ – газожидкостный поток; 1 – основание; 2 – завихритель; 3 – стакан; 4 – пленкосъемник; 5 – обтекатель; 6 – каналы для подачи жидкости; 7 – шпилька; 8 – скоба; 9 – гайка

пленки на поверхности обтекателя 5, выполненного в виде параболоида вращения.

Затем жидкостную пленку диспергируют закрученным газовым потоком, срывая ее с наружной кромки обтекателя 5, на мельчайшие капли, причем размеры капель зависят от скорости газа и диаметра обтекателя. Образовавшийся газожидкостный поток во внутреннем объеме стакана 3 направляют в сторону пленкосъемника, где его разделяют на составляющие фазы. Другая часть закрученного газового потока, практически не содержащего жидкости, минуя канал между пленкосъемником 4 и стаканом 3, проходит на вышележащую ступень контакта.

Эффективность

Использование предложенного способа и устройства для его осуществления обеспечивает высокую эффективность массопе-

редачи на ступени контакта и тем самым значительно повышает КПД контактной тарелки, что наряду со снижением уноса жидкой фазы позволяет существенно сократить межтарельчатые расстояния и снизить высоту аппарата, создавая возможность уменьшения его металлоемкости. Техническое решение широко используется в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 1149475 (Авторы: Г.К. Зиберт, В.И. Гибкин).

КОНТАКТНО-СЕПАРАЦИОННАЯ ТАРЕЛКА

Краткое описание

Предложенная контактно-сепарационная тарелка (рис. 9.20) может быть использована в процессах и аппаратах ректификации и абсорбции, например, при подготовке природного газа к транспорту.

Контактно-сепарационная тарелка содержит основание (полотно) 1 с установленным на нем прямоточно-центробежным элементом, выполненным с поперечным разъемом, который включает верхний 2 и нижний 3 патрубки. На верхнем патрубке 2 установлен пленкосъемник 4, нижняя часть верхнего патрубка снабжена наружным опорным кольцом 5, выполненным с внутренней отбортовкой, на которую опирается полая поперечная балка 6 с каналом для подачи жидкости. На балке 6 установлен параболический рассекатель 7 потока со стяжной шпилькой, связывающей верхний патрубок с днищем 9 тангенциального завихрителя 10, установленного в нижнем патрубке 3. Завихритель 10 снабжен упорами 11, размещенными в верхней части нижнего патрубка 3. Диаметр опорного кольца 5 должен быть не более диаметра завихрителя 10. Под кольцом 5 размещена мягкая прокладка 12.

Устройство работает следующим образом.

Газ поступает в тангенциальный завихритель 10, где приобретает вращательное движение, при этом жидкость сепарируется на внутренней стенке прямоточно-центробежного эле-

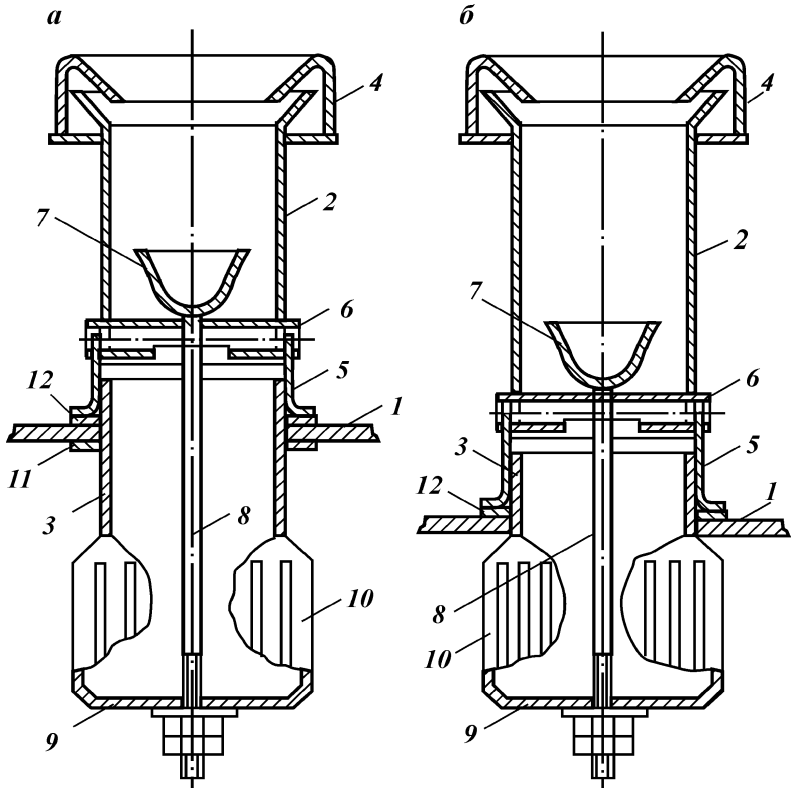


Рис. 9.20. Контактно-сепарационная тарелка:
‡ – продольный разрез; · – элемент с завихрителем, в котором упор выполнен за одно целое с завихрителем.
1 – полотно; 2, 3 – верхний и нижний патрубки; 4 – пленкосъемник; 5 – опорное кольцо; 6 – поперечная балка; 7 – рассекатель; 8 – стяжная шпилька; 9 – днище завихрителя; 10 – тангенциальный завихритель; 11 – упор; 12 – мягкая прокладка

мента. Далее закрученный поток, поднимаясь вверх по верхнему патрубку 2, контактирует с жидкостью, поступающей с полотна 1 тарелки через канал полой поперечной балки 6, и срывает ее с наружной кромки параболического рассекателя 7, что интенсифицирует массообмен. Образовавшаяся на стенках верхнего патрубка 2 пленка жидкости снимается пленкосъемником 4 и отводится на полотно 1 тарелки, а газ выходит из элемента и направляется на следующую ступень контакта.

Эффективность

Выполнение элемента из двух частей и с опорным кольцом диаметром не более диаметра завихрителя дает возможность установить на полотне тарелки значительно большее количество элементов, что позволяет увеличить производительность тарелки. Установка полой поперечной балки на отбортовке опорного кольца позволяет получить тарелку, в которой ввод жидкости внутри элемента с полой тарелки может выполняться на различной высоте от полотна тарелки. Это увеличивает диапазон работы тарелки, так как установка на наибольшем расстоянии от полотна тарелки до полой балки прямоточно-центробежного элемента даст возможность использовать ее как сепарационную, а на наименьшем расстоянии – как контактную тарелку. Предложенная конструкция исключает скобу крепления прямоточно-центробежного элемента, что значительно снижает металлоемкость тарелки и упрощает ее монтаж. Кроме того, предложенная конструкция прямоточно-центробежного элемента позволяет иметь тонкостенный корпус, так как нагрузка, прикладываемая для закрепления элемента на основании (полотне) тарелки, через полую поперечную балку передается на отбортовку опорного кольца, что наряду с исключением скобы уменьшает металлоемкость тарелки.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1274172 (Автор Г.К. Зиберт).

СПОСОБ КОНТАКТА ГАЗА И ЖИДКОСТИ

Краткое описание

Предложенный способ контакта газа и жидкости может быть использован в процессах абсорбции, ректификации, например, при подготовке природного газа к транспорту при извлечении влаги и примесей.

Способ осуществления контакта газа и жидкости показан на рис. 9.21.

Газовый поток 1 закручивается в зоне *Ä*, в него подают

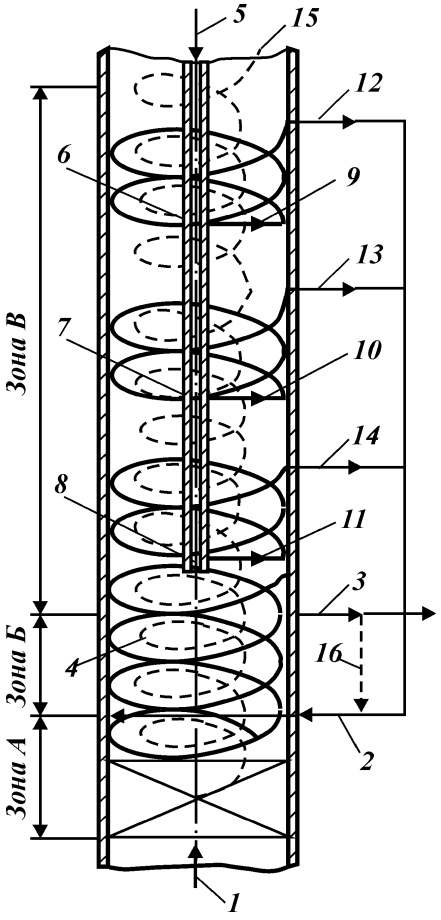


Рис. 9.21. Способ контакта газа и жидкости:
1–16 – материальные потоки

жидкостный поток 2 (с вышележащих ступеней контакта), где происходит массообмен между газом и жидкостью на основной ступени контакта – зона *А*. При этом происходит распыление жидкости газовым потоком 1 и формирование ее в пленку жидкости, которую отбирают потоком 3 и подают на нижележащую ступень контакта или выводят в качестве жидкостного продукта. Отсепарированный от жидкости газовый поток 4 за счет сил инерции образует закрученный инерционный столб вихря – зона *С*, в который подают исходный (или с вышележащей тарелки) жидкостный поток 5 в различные точки 6, 7, 8 по высоте закрученного инерционного столба вихря. При раз-

делении потока 5 на потоки 9, 10, 11 отбирают проконтактировавшую жидкость после каждой зоны контакта в виде жидкостной пленки, образующей потоки 12, 13, 14, которые объединяют в жидкостный поток 2 с последующей подачей его в основной газовый поток 1.

Газовый поток 15, отделенный от жидкости, отбирают в виде готового продукта или подают на вышележащую контактную тарелку.

Наиболее эффективен вариант разделения исходного жидкостного потока 5 на потоки 9, 10, 11 таким образом, чтобы поток 9 был меньше потока 10, а поток 10 меньше потока 11, при этом всегда обеспечивается условие, что поток 11 меньше жидкостного потока 2. В данном способе обеспечивается постепенное снижение удельной нагрузки по жидкости к выходу газа, что снижает унос жидкости с газовым потоком на последней ступени контакта.

Потоки 3 и 2 соединяют и образуют рециркулирующий поток 16, т.е. часть отсепарированной жидкости из потока 3 после контакта в закрученном газовом потоке (зона *Å*) может смешиваться с объединенным жидкостным потоком 2, что обеспечит наиболее полную отработку жидкости на входе газового потока 1.

В зависимости от высоты инерционного столба вихря потоки 12, 13, 14 могут повторно подаваться в него ниже точек первичной подачи 6, 7, 8.

Эффективность

Предложенный способ позволяет повысить эффективность массопередачи за счет увеличения объема обрабатываемого газа, увеличения количества зон контакта и снижения уноса жидкости с газом. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1327335 (Автор Г.К. Зиберт).

СПОСОБ СЕПАРАЦИИ ЖИДКОСТИ ОТ ГАЗА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Краткое описание

Предложенный контактно-сепарационный элемент относится к центробежным элементам нового поколения с тонкой фильтрацией газового и жидкостного потоков, а также с фильтрацией байпасирующего газового потока.

Способ контакта газа и жидкости с последующей сепарацией фаз осуществляется следующим образом (рис. 9.22, ‡).

Газожидкостный поток $G_{гж}$ закручивают. Жидкостный поток $L_п$ формируют закрученным газовым потоком в виде пленки на внутренней поверхности тела вращения в поле центробежных сил. Предварительно разделенный газовый поток $G_г$ подают на коническую поверхность на фильтрацию (на вторую ступень сепарации), отфильтрованную жидкость (поток 1) объединяют с жидкостным потоком пленки $L_п$ и с байпасирующим потоком газа $G_б$ для улучшения транспортировки жидкости. Часть этого объединенного потока подают на рециркуляцию ($G_р$), часть потока фильтруют ($G_ф$) на общей замкнутой поверхности. Отфильтрованную жидкость отбирают потоком L, а газ для транспортировки – потоком $G_{тр}$, после чего его смешивают с основным газовым потоком G. Таким образом, основной газовый поток и поток $G_{тр}$ проходят ступень тонкой очистки (фильтрацию). Ступени грубой и тонкой фильтрации одновременно проходит и предварительно разделенный жидкостный поток.

Устройство для осуществления предложенного способа работает следующим образом (рис. 9.22, ·).

Газожидкостный поток подают под основание 1 на завихритель 3, в котором поток закручивают. Жидкость на внутренней стенке стакана формируют в виде пленки, после чего поток предварительно разделяют на два потока. Один – газовый основной с оставшейся в нем жидкостью фильтруют на пористом конусе 6; газ, прошедший две ступени сепарации, отводят. Отсепарированную жидкость со второй ступени сепарации и с первой центробежной сепарации совместно с оставшимся потоком газа транспортируют на цилиндрическую часть 7 пористой поверхности, на которой фильтруют жидкость и газ; отфильтрованный газ объединяют с основным потоком, прошедшим также две ступени сепарации, а отфильтрованную жидкость отводят. Часть газа и жидкости, не прошедшие фильтрации, подают на рециркуляцию.

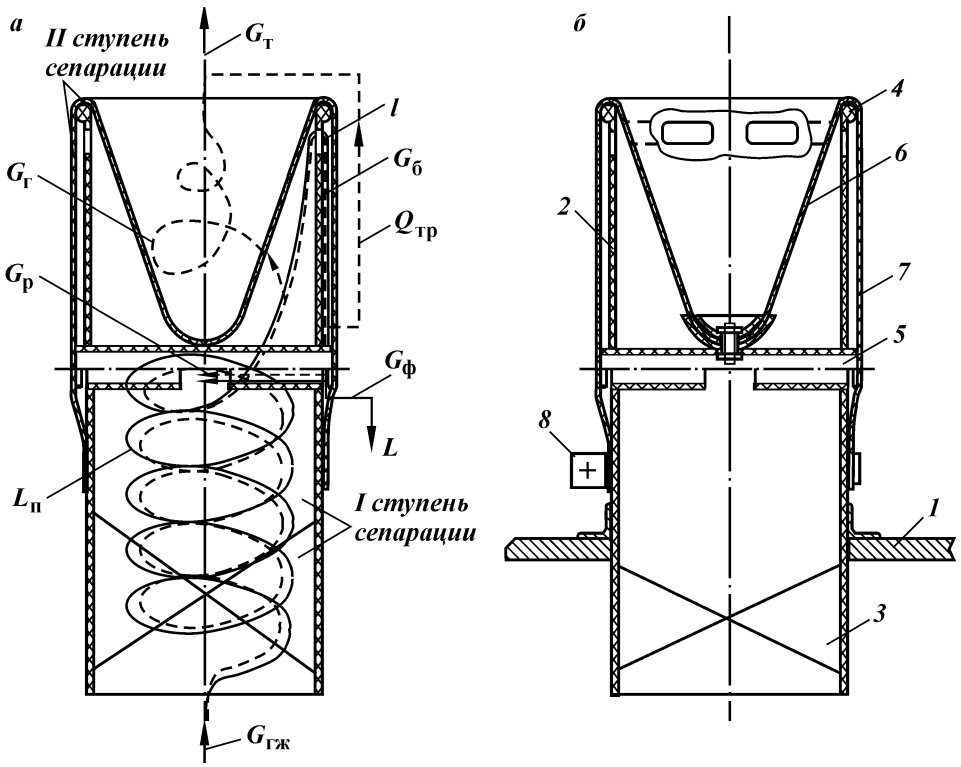


Рис. 9.22. Способ сепарации жидкости от газа (‡) и устройство для сепарации жидкости от газа (·):
$G_{гж}$ – газожидкостный поток; $G_г$ – газовый поток; $L_п$ – жидкостный поток; $G_б$ – байпасирующий поток газа; $G_ф$ – поток на фильтрацию; $G_р$ – рециркуляционный поток; $G_{тр}$ – поток газа на транспортировку; G – основной поток газа; L – основной поток жидкости; 1 – основание; 2 – стакан; 3 – завихритель; 4 – пленкосъемник; 5 – трубка рециркуляции; 6 – конус из пористого материала; 7 – цилиндрическая часть пористой поверхности; 8 – хомут

Эффективность

Использование данного способа и устройства для сепарации жидкости от газа обеспечивает высокую эффективность сепарации в объеме центробежного элемента, т.е. практически в габаритах устройства сепаратора первой ступени. Высокая эффективность достигается тем, что все потоки проходят вторую ступень сепарации, и применена общая фильтрующая замкнутая поверхность, обеспечивающая выравнивание давлений и скоростей основных и вспомогательных потоков. Одновременно происходит очистка от механических примесей как газа, так и жидкости при ее фильтрации, что дает возможность уменьшить габариты и количество единиц технологического оборудования. Уменьшению уноса жидкости с газом способствуют применение на второй ступени более эффективной сепарации – фильтрации и то, что транспортирующий поток до объединения с основным отсепарированным потоком газа также проходит ступень тонкой очистки (фильтрации).

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Литература

Патент РФ № 1769722, БИ № 38, 1992 (Автор Г.К. Зиберт).

Холпанов Л.П., Запорожец Е.П., Зиберт Г.К., Кащицкий Ю.А. Математическое моделирование нелинейных термогидрогазодинамических процессов. – М.: Наука, 1998. – 320 с.

ТАРЕЛКА КОНТАКТА ГАЗА (ПАРА) С ЖИДКОСТЬЮ

Краткое описание

Предложенная тарелка для контакта газа с жидкостью относится к аппаратурному оформлению массообменных процессов в системе газ (пар) – жидкость и может быть использована в абсорберах осушки газа гликолями.

На рис. 9.23 представлена конструкция тарелки.

Тарелка состоит из основания 1, патрубка 2, снабженного в верхней части сепаратором 3, в нижней части – тангенциальным завихрителем 4, который закрыт донышком 5 и расположен под основанием 1, канала 6 для подвода жидкости, размещенного над основанием 1 внутри патрубка 2 на его стенках, и выполненного с отверстием 7 на боковой поверхности по оси патрубка 2 над завихрителем 4, трубки 8, установленной по оси завихрителя 4, сообщенной с каналом 6 через отверстие 7

на его боковой поверхности, нижний конец которой выполнен с отверстиями 9, расположенными над донышком 5, обтекателя 10, установленного коаксиально патрубку 2 на стенке канала 6 и выполненного в виде параболоида вращения, расширяющегося в направлении сепаратора 3. Установленная по оси завихрителя трубка 8, сообщенная с каналом для подвода жидкости через отверстие на его боковой поверхности, нижний конец которой выполнен с отверстиями, расположенными над донышком завихрителя, позволяет подводить жидкость в элемент у его основания, что увеличивает время контакта газа с жидкостью, улучшает условия формирования закрученного газожидкостного потока.

Повышению эффективности массопереноса способствует и перемешивание газа (пара) с жидкостью в завихрителе.

Тарелка работает следующим образом.

Жидкость, находящаяся на основании 1, поступает на донышко 5 тангенциального завихрителя 4 по каналу 6 с отверстием 7 и трубке 8 с отверстием 9.

Газ (пар) под основанием 1 поступает в завихритель 4, в котором он захватывает с донышка 5 жидкость, перемешивает-

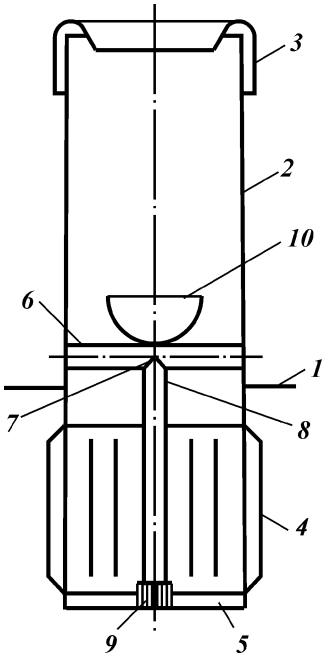


Рис. 9.23. Тарелка для контакта газа (пара) с жидкостью:
1 – основание; 2 – патрубок; 3 – сепаратор; 4 – завихритель; 5 – донышко; 6 – канал для подвода жидкости; 7 – отверстие на боковой поверхности канала; 8 – трубка; 9 – отверстия, расположенные над донышком; 10 – обтекатель

ся с ней и закручивается. Таким образом, взаимодействие газа (пара) с жидкостью начинает осуществляться у самого основания элемента. После этого закрученный газожидкостный поток поступает в патрубок 2, на стенках которого под действием центробежных сил образуется вращающаяся пленка жидкости, с которой интенсивно контактирует газ (пар) в сепараторе 3. Часть жидкости за счет сил сцепления движется вверх по внешней поверхности трубки 8, затем поступает под обтекатель 10 и срывается с его кромки в виде мелких капель, что способствует увеличению межфазной поверхности и, следовательно, повышению эффективности массопереноса между фазами. Эти капли жидкости под действием центробежных сил также движутся к стенке патрубка 2, соединяясь на ней с пленкой жидкости. Обтекатель 10 предотвращает возникновение обратных токов газа (пара) в осевой зоне закрученного газового потока, что способствует уменьшению гидравлического сопротивления элемента.

Эффективность

Использование предложенной тарелки позволяет обеспечить высокую эффективность массопередачи на ступени контакта, т.е. повысить КПД, а также уменьшить унос жидкой фазы, что приведет к уменьшению межтарельчатого расстояния и, следовательно, высоты аппарата и его металлоемкости.

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1594740 (Авторы: С.И. Кузьмин, Г.К. Зиберт).

ПРЯМОТОЧНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Краткое описание

Предложенный прямоточно-центробежный элемент относится к контактным и сепарационным устройствам, может быть использован для разделения газожидкостной смеси в сепара-

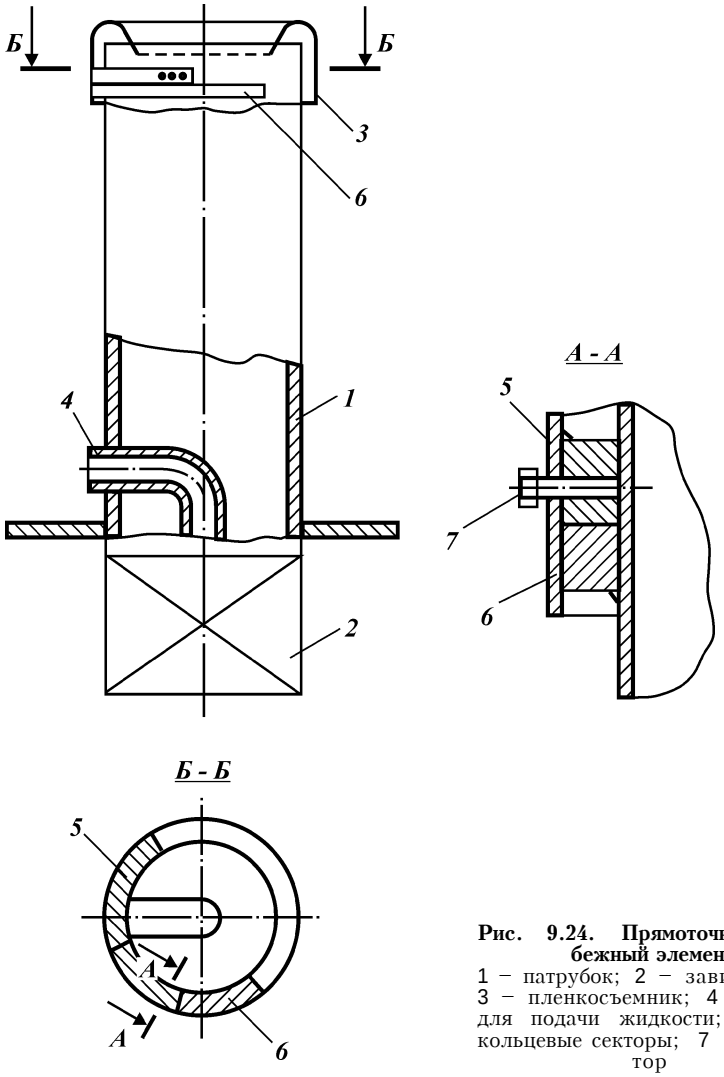


Рис. 9.24. Прямоточно-центробежный элемент:
1 – патрубок; 2 – завихритель; 3 – пленкосъемник; 4 – трубка для подачи жидкости; 5, 6 – кольцевые секторы; 7 – фиксатор

торах и колоннах газовой, химической и нефтехимической промышленности.

На рис. 9.24 представлен общий вид элемента, вертикальное сечение элемента по Ä–Ä, сечение элемента в плане по кольцевым секторам.

Прямоточно-центробежный элемент представляет собой ци-

линдрический патрубок 1 с завихрителем 2, расположенным в нижней части, и пленкосъемником 3 в верхней части патрубка, который можно поворачивать относительно патрубка 1. Над завихрителем 2 патрубок 1 снабжен трубкой 4 для подачи жидкости. В зазоре между каплесъемником 3 и патрубком 1 в зоне над трубкой 4 установлена кольцевая перегородка, выполненная из двух размещенных друг над другом секторов 5 и 6. Сектор 5 жестко закреплен на внутренней поверхности пленкосъемника 3, а сектор 6 – на наружной поверхности патрубка 1. Кольцевые секторы 5 и 6 установлены относительно друг друга таким образом, чтобы создавалась необходимая площадь сечения канала для выхода жидкости из цилиндрического патрубка 1. Максимальный расход газожидкостной смеси обеспечивается, когда открытые части кольцевых секторов 5 и 6 полностью совпадают. Кольцевая перегородка закреплена к внутренней поверхности каплесъемника 3 и наружной поверхности патрубка 1 фиксатором 7.

Элемент, установленный в массообменных аппаратах, работает следующим образом.

Газ поступает в патрубок 1 через завихритель 2, образуя при этом закрученный поток. За счет разрежения, возникающего в центральной части закрученного потока, с полотна тарелки через трубку 4 происходит подсос жидкости в патрубок 1, где жидкость, перемешиваясь с газом, контактирует с ним. Под действием центробежной силы закрученный газожидкостный поток поднимается вдоль оси патрубка, разделяется. Газ отделяется от жидкости и выходит закрученным потоком через центральное отверстие патрубка 1, а жидкость отбрасывается к стенкам патрубка 1 и, поднимаясь вверх, выходит из патрубка 1 через щель между цилиндрическим патрубком 1 и пленкосъемником 3 с открытой стороны регулируемой перегородки.

В сепараторах данный элемент работает аналогично с той разницей, что через трубку 4 происходит подсос газожидкостной смеси, выходящей из пленкосъемника 3, для рециркуляции с целью отделения унесенного с жидкостью газа. Требуемое положение секторов по отношению к патрубку 1 устанавливается фиксатором 7.

Эффективность

Применение предложенного технического решения позволяет расширить диапазон эффективной работы прямоточно-центробежных элементов по жидкости и увеличить эффектив-

ность разделения газовой и жидкой фаз за счет обеспечения возможности регулирования живого сечения выходного канала для жидкости.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2094073, БИ № 30, 1997 (Автор Г.К. Зиберт).

ЗАВИХРИТЕЛЬ

Краткое описание

Предложенный завихритель может быть использован для выделения жидкости из потока газа, например, в сепараторах и колоннах газовой, химической и нефтехимической промышленности.

Конструкция завихрителя представлена в аксонометрии на рис. 9.25.

Завихритель укреплен под полотном тарелки 1 под отверстием 2 и представляет собой уголки 3, расположенные вокруг оси отверстия. В данном случае он выполнен из четырех уголков. Каждый уголок 3 состоит из вертикальной полки 4 и горизонтальной 5. Верхняя кромка полки 4 срезана под углом к горизонтальной полке 5 с целью обеспечения угла ее наклона к полотну тарелки 1. Вертикальная полка 4 уголка 3 укреплена срезанной кромкой на полотне 1 и расположена перпендикулярно полотну тарелки 1 и по касательной к отверстию 2 в полотне тарелки 1. Таким образом, за счет срезанной под углом верхней кромки вертикальной полки 4 горизонтальная полка 5 располагается под углом к полотну тарелки и образует за счет этого наклонные щели 6 для отклонения газового потока в осевом направлении *Ä*, а расположение полки 4 по касательной к отверстию 2 образует тангенциальные каналы 7, что позволяет ей отклонять поток в тангенциальном направлении *Å*. Уголки 3 крепятся к полотну сваркой или любым другим известным способом.

Завихритель работает следующим образом.

Поток газа или газожидкостной смеси поступает под полотно тарелки 1, откуда часть потока поступает по направлению

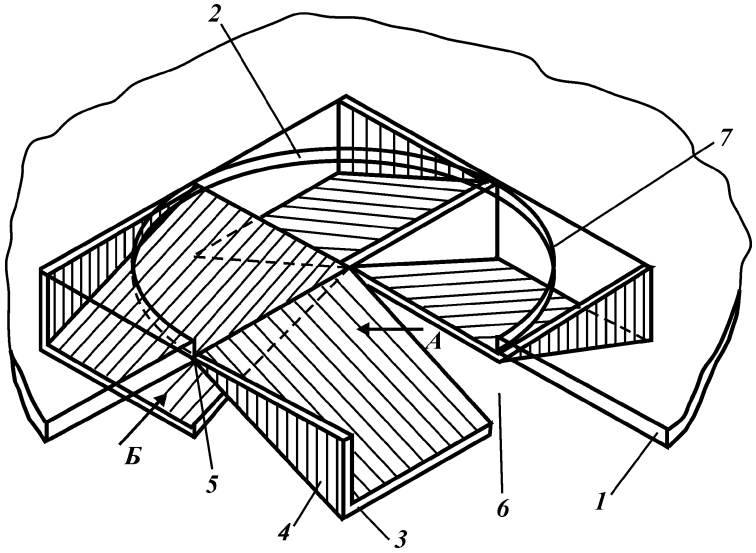


Рис. 9.25. Завихритель:
1 – полотно тарелки; 2 – отверстия; 3 – уголки; 4 – вертикальная полка

Å в тангенциально расположенные каналы 7, создав закрученный поток; оставшаяся часть потока на этой же высоте подается в направлении *Ä* в щели 6, расположенные в осевом направлении. Над каждым уголком 3 тангенциальные и осевые закрученные потоки складываются, образуя общий закрученный поток после завихрителя.

Эффективность

Предложенная конструкция позволяет снизить капитальные и энергетические затраты за счет ее упрощения, уменьшения габаритов, а следовательно, и металлоемкости завихрителя, а также снизить его гидравлическое сопротивление.

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2107535, БИ № 9, 1998 (Автор Г.К. Зиберт).

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТАКТА ЖИДКОСТИ И ГАЗА

Краткое описание

Предложенное устройство для контакта жидкости и газа (рис. 9.26) может быть использовано в колонных и сепарационных аппаратах установок подготовки и переработки газа, газового конденсата и нефти.

Устройство состоит из основания 1 и коаксиально установленных завихрителей 2, стакана 3 с отверстиями для первичной сепарации жидкости 4, расположенными в его верхней части и соединенными с карманом 5 для отвода жидкости, пленкосъемника 6, обтекателя 7, диафрагмы 8, расположенной между завихрителем 2 и стаканом 3 внутри устройства, и тангенциальных каналов для подачи жидкости в нижней части стакана 3 над диафрагмой 8, выполненных в виде отбортованных отверстий 9 с размерами отбортовок, не превышающими ширину кольца диафрагмы.

Завихритель 2 состоит из корпуса 10, в верхней части которого выполнены тангенциальные каналы для подачи газа в виде отбортованных отверстий 11. Внутри корпуса 10 расположены осевые лопатки 12.

Отверстия 9 тангенциальных каналов для подачи жидкости отбортованы в ту же сторону, что и отверстия 11 тангенциальных каналов для подачи газа, и симметричны им относительно основания 1.

Карман 5 соосно зафиксирован со стаканом 3 дистанционными прутками 13, а каплесъемник 6 – дистанционными прутками 14.

Обтекатель 7 соосно зафиксирован со стаканом распорками 15, корпус завихрителя 10 соосно установлен в отверстии основания 1 и закреплен на нем.

Стакан 3 соосно установлен в диафрагме 8 и жестко закреплен в ней. Стакан 3 и завихритель 2 соединены резьбовым соединением, состоящим, например, из болта 16 и гайки 17, соединенной с осевыми лопатками 12.

Устройство работает следующим образом.

Газовый поток подается под основание 1 в завихритель 2, в котором газ закручивается, частично проходя через осевые каналы между осевыми лопатками 12, а частично – через отверстия 11 тангенциальных каналов. В закрученный газовый поток в стакане через отверстия 9 тангенциальных каналов всасывается жидкость. Так как тангенциальные каналы выполнены по окружности стакана 3 в его нижней части над диа-

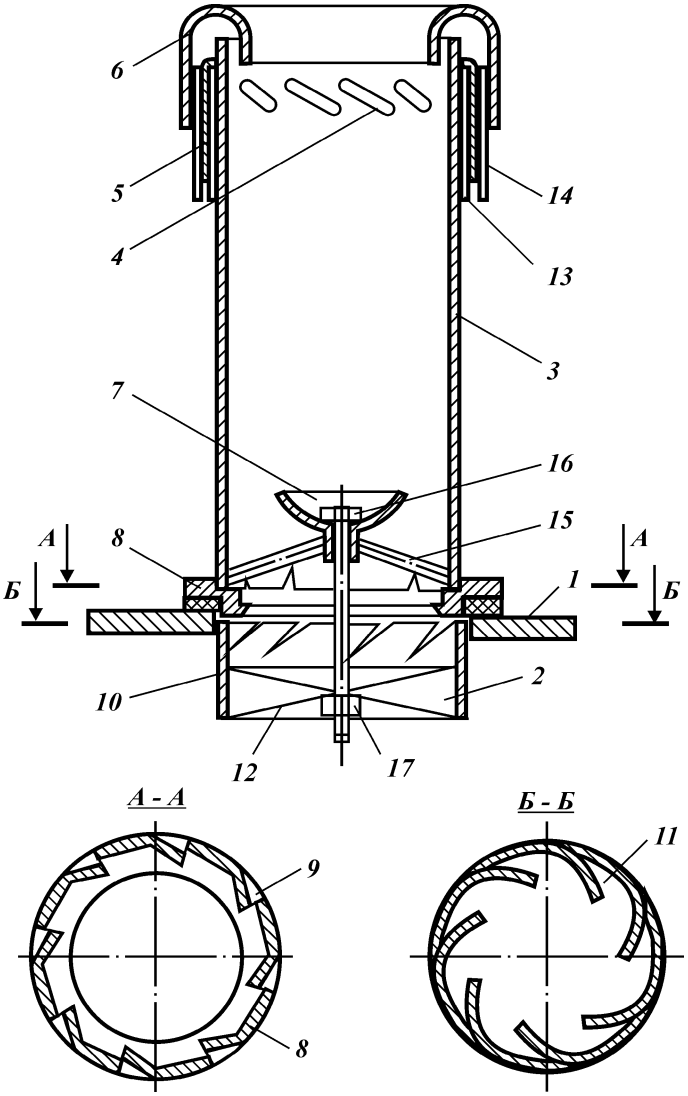


Рис. 9.26. Устройство для контакта жидкости и газа:
1 – основание; 2 – завихритель; 3 – стакан; 4 – отверстия для первичной сепарации жидкости; 5 – карман для отвода жидкости; 6 – пленкосъемник; 7 – обтекатель; 8 – диафрагма; 9 – отбортованные отверстия; 10 – корпус завихрителя; 11 – отбортованные отверстия; 12 – осевые лопатки; 13, 14 – дистанционные прутки; 15 – распорки; 16 – болт; 17 – гайка

фрагмой 8 в виде отверстий 9, отбортованных в ту же сторону, что и отверстия 11 тангенциальных каналов для подачи газа, и симметричны им относительно основания 1, а размеры отбортовок не превышают ширину кольца диафрагмы, поток жидкости ориентируется в направлении закрученного потока газа. После чего часть жидкости поднимается в закрученном виде по внутренней стенке стакана 3 и отводится в карман 5 через отверстия первичной сепарации жидкости 4. Другая же ее часть поднимается по оси закрученного газового потока, дробится на распорках 15 и формируется в виде пленки на поверхности обтекателя 7. Затем жидкостная пленка диспергируется закрученным газовым потоком, срывающим ее с наружной кромки обтекателя 7, в мельчайшие капли. Из образовавшегося таким образом газожидкостного потока во внутреннем объеме стакана 3 жидкость отделяется на первой ступени сепарации через отверстия 4 в карман 5 и затем оставшаяся жидкость отделяется в канале между пленкосъемником 6 и верхней частью кармана 5. Чтобы исключить попадание большого количества газа в канал между стаканом 3 и пленкосъемником 6, его диафрагмируют верхней частью кармана 5. Осушенный газ направляется на вышележащую ступень контакта.

Выполнение диафрагмы в виде кольца, расположенного между корпусом завихрителя 10 и стаканом 3, и тангенциальных каналов для подачи жидкости в нижней части стакана 3 над диафрагмой 8 в виде отбортованных отверстий 9, размеры которых не превышают ширину диафрагмы, отбортованы в ту же сторону, как и отверстия тангенциальных каналов для подачи газа, и симметричны им относительно основания, позволило значительно увеличить входное сечение канала для подачи жидкости в зоне разрежения, так как каналы расположены не в центре, где сечение стакана ограничено, а на периферии, тем самым увеличивая расход по газу и жидкости при снижении гидравлического сопротивления устройства.

Верхняя часть кармана 5, расположенная в зазоре между стаканом 3 и пленкосъемником 6, играет роль диафрагмы в выходном канале вторичной сепарации жидкости, обеспечивающей эффективную очистку выходного потока газа при увеличении его расхода.

Эффективность

Предложенное техническое решение позволяет расширить диапазон эффективной работы устройства, обеспечивая авто-

матическое увеличение расхода жидкости при увеличении расхода газа.

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2122880, БИ № 34, 1998 (Автор Г.К. Зиберт).

9.2. ВНУТРЕННИЕ УСТРОЙСТВА НАСАДОЧНОГО ТИПА

9.2.1. БЕСПРОВАЛЬНАЯ ТАРЕЛКА ИЗ ПРОСЕЧНО-СЖАТОГО ЛИСТА

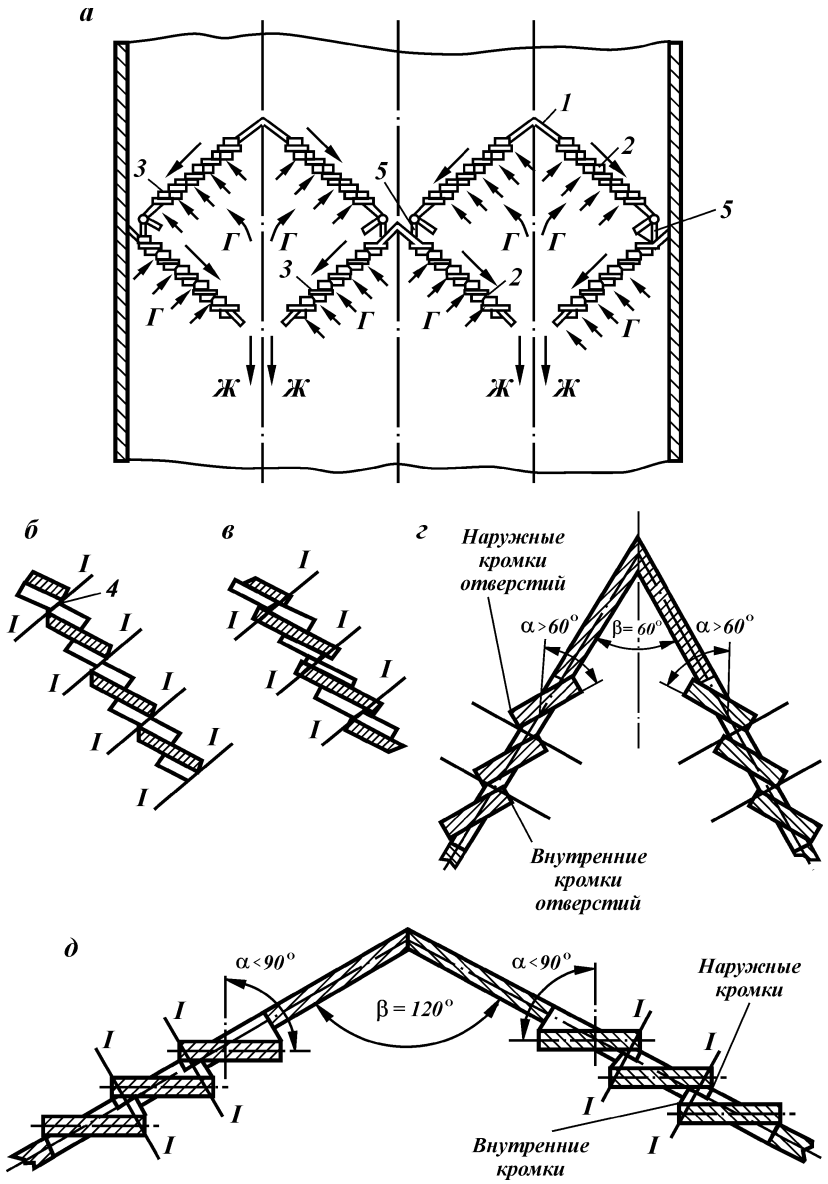
Краткое описание

Беспровальную тарелку из просечно-сжатого листа целесообразно применять в массообменных процессах с минимальным давлением, где аппараты в целях упрощения изготовления могут быть выполнены не только диаметрального, но и другого сечения, например, прямоугольного. К таким процессам относится очистка природного газа от сероводорода и углекислого газа в промысловых установках низкого давления.

На рис. 9.27 представлена тарелка насадочного типа для тепломассообменных аппаратов.

Тарелка работает следующим образом.

Рис. 9.27. Регулярная насадка для тепломассообменных аппаратов:
‡ – насадка с наклоном просечек в сторону наклона пластин; · – элемент насадки с просечными отверстиями, наружная и внутренняя кромки которых находятся в одной плоскости, перпендикулярной к плоскости перфорированной пластины; , – элемент насадки с просечными отверстиями, наружная кромка которых перекрывает внутреннюю в сечении, перпендикулярном плоскости перфорированной пластины элемента; „ – насадка с углом соединения пластин β = 60° и углом отгиба внутренней кромки от вертикали α более 60°; ‰ – насадка с углом соединения пластин β = 120° и углом отгиба внутренней кромки от вертикали α не менее 90°.
1 – насадка; 2, 3 – наклонные пластины; 4 – просечные отверстия; 5 – перегородки-клапаны


а
1
2
3
5
Г
Ж
б
в
г
4
I
Наружные кромки отверстий
α > 60°
β = 60°
Внутренние кромки отверстий
д
α < 90°
β = 120°
Наружные кромки
Внутренние кромки

Газ проходит через направленные просечные отверстия 4 в пластинах 2 и 3, контактирует с жидкостью, стекающей по наклонным перфорированным боковым сторонам элементов, разрывает и дробит в капли пленку, отбрасывает ее направленным потоком в зону интенсивного контакта. Нахождение наружной и внутренней кромок в одной плоскости, перпендикулярной к плоскости перфорированной пластины (или перекрытие верхней кромки нижней) исключает провал жидкости при уменьшении нагрузок по газу до нуля, что резко увеличивает диапазон устойчивой работы. Наличие вертикальных перегородок-клапанов 5 у нижних кромок исключает проскок газа при изменении нагрузок по жидкости и обеспечивает упорядоченный переток жидкости через щели, образованные нижними кромками перфорированных пластин вышележащих элементов и боковыми пластинами нижележащих элементов. Жидкость стекает по наклонным пластинам, отклоняет перегородку-клапан 5, который в свою очередь направляет жидкость на нижерасположенный элемент. Угол наклона пластин (60–120°) обеспечивает беспровальный режим течения жидкости, упорядоченный переток ее по высоте тарелки и прижатие жидкости к наклонным перфорированным пластинам для более тесного ее контакта с газом.

Эффективность

В предложенной конструкции беспровальной тарелки отсутствуют застойные зоны. Выполнение полотен наклонными обеспечивает стекание грязи и предотвращает ее скопление, что особенно важно для процессов сероочистки.

Конструкция тарелки не требует большой площади переливных карманов и организации в них статических гидрозатворов, что позволяет резко сократить площади перелива (особенно в колоннах с большими нагрузками по жидкости), более эффективно использовать площадь аппарата, т.е. повысить его производительность.

Беспровальную тарелку из просечно-сжатого листа целесообразно применять в аппаратах с большими нагрузками по жидкости ($L/G = 3 \div 10$ кг/кг) и с переменными нагрузками (особенно по нижнему пределу) и составами газожидкостных потоков (например, в аппаратах переработки конденсата на ГПЗ), малой гидравликой и загрязненными средами, а также в массообменных процессах, где время пребывания жидкости на тарелках ограничено.

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1731265, БИ № 17, 1992 (Автор Г.К. Зиберт).

9.2.2. НАСАДКА ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Краткое описание

Предложенная насадка для тепломассообменных аппаратов относится к устройствам контакта между газом и жидкостью и используется преимущественно в колоннах очистки газа от примесей, например, от сероводорода.

Насадка может иметь любую объемную форму (рис. 9.28): шара, цилиндра, призмы, куба.

Насадка может быть выполнена в виде шара 1, снабженного глухими каналами 2. Каналы 2 попарно смещены относительно оси, проходящей через центр тяжести насадки, и направлены в противоположные стороны.

Насадка может быть выполнена в виде цилиндра 3 с глухими разнонаправленными продольными каналами 5, смещенными относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести насадки.

Насадка может быть выполнена в виде призмы 6, снабженной глухими разнонаправленными продольными каналами 7 и торцевыми каналами 8.

Смещение каналов относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести насадки, обеспечивает ее вращение в любом направлении.

Устройство работает следующим образом.

Все глухие каналы насадки заполняются жидкостью, подаваемой в массообменный аппарат, а при подаче газа с низу аппарата часть каналов, направленных вниз, заполняется этим газом, так как он вытесняет оттуда жидкость.

При этом на насадку действует сила, направленная вертикально вверх и приложенная со смещением относительно центра тяжести. С другой стороны на насадку действует сила, определяемая весом жидкости, заполняющей каналы, направленная вниз и расположенная по другую сторону от вертикальной оси, проходящей через центр тяжести насадки.

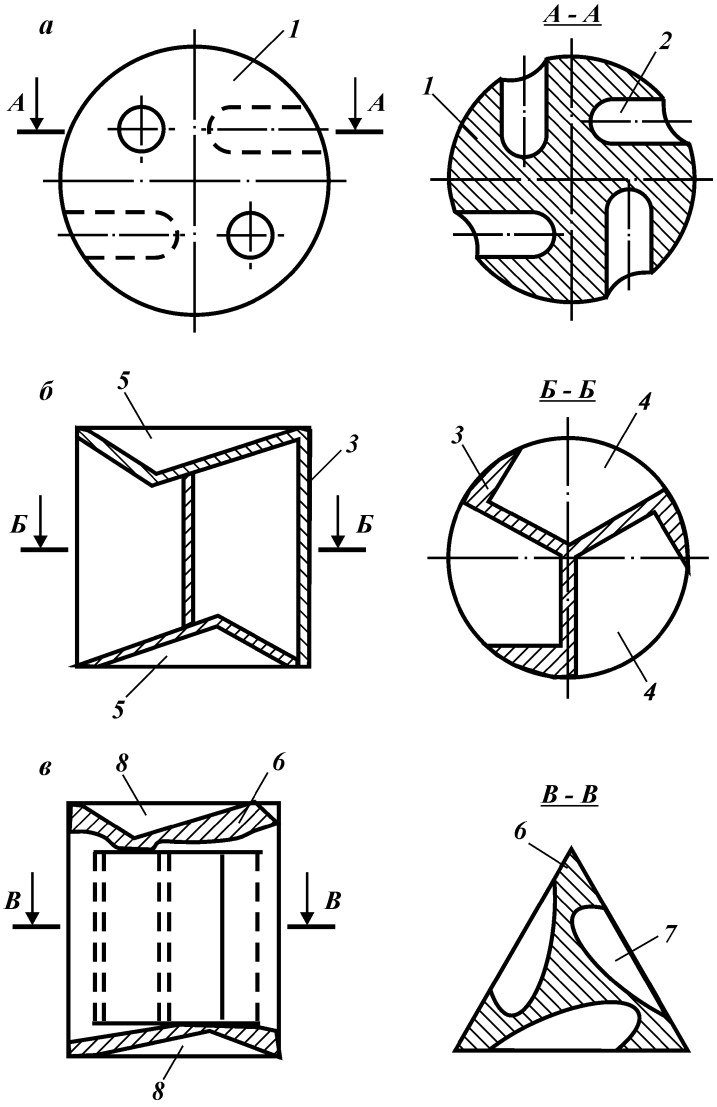


Рис. 9.28. Насадка для тепломассообменных аппаратов, имеющая форму:
‡ – шара; · – цилиндра; , – призмы.
1 – шар; 2, 4, 5, 7, 8 – каналы; 3 – цилиндр; 6 – призма

Поскольку плотность поднимающегося газа всегда меньше плотности стекающей жидкости (заполняющих разнонаправленные каналы), разнонаправленные силы обеспечивают по-

стоянное интенсивное вращение насадки, что в свою очередь способствует интенсивному перемешиванию жидкости с газом, чем и достигается повышение эффективности массообмена между ними.

Эффективность

Предложенное техническое решение позволяет повысить эффективность массопередачи между газом и жидкостью за счет интенсивного их перемешивания и увеличения поверхности контакта между ними, а следовательно, сократить габариты массообменных аппаратов. Эффективность реальных ступеней контакта повышается, а количество их в аппарате уменьшается. За счет более равномерного распределения газожидкостной смеси повышается допустимая скорость газа в аппаратах. Это приводит к снижению габаритов аппаратов приблизительно на 15 %.

Техническое решение использовано при модернизации технологического оборудования.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 915918, БИ № 12, 1982 (Автор Г.К. Зиберт).

9.2.3. НАСАДКА ДЛЯ МАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Краткое описание

Предложенная насадка относится к массообменной аппаратуре, применяемой в нефтеперерабатывающей, химической, газоперерабатывающей промышленности.

На рис. 9.29 изображен аппарат с насадкой.

Насадка для массообменных аппаратов содержит гофрированные полотна 1 с отверстиями 2, расположенные относительно друг друга перпендикулярно. На гофрированных полотнах установлены клапаны 3 прямоугольной формы. Верхняя сторона клапана в виде прямой прикреплена подвижно к плоскости полотна 1, нижняя сторона клапана изогнута в средней

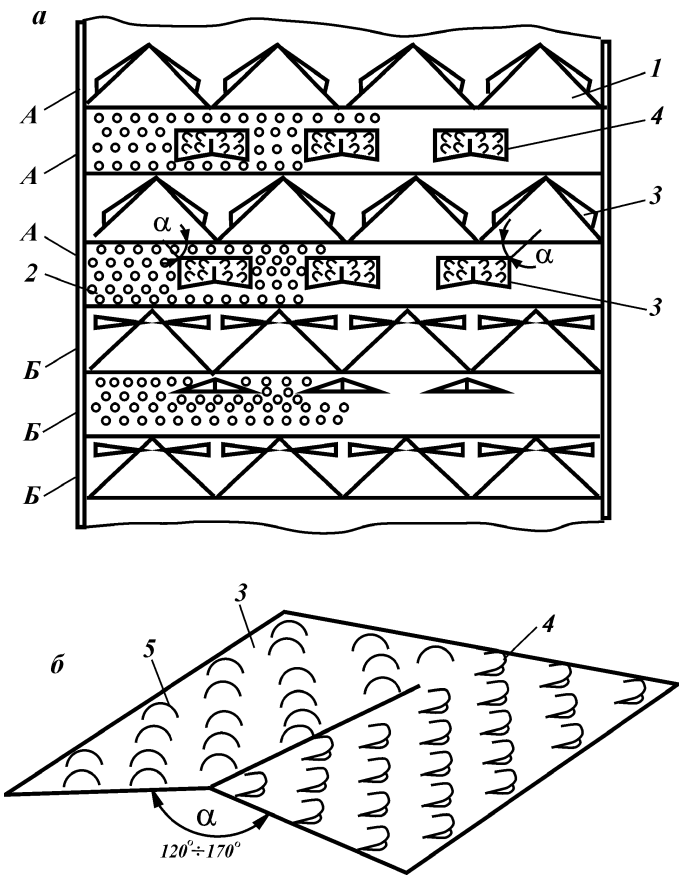


Рис. 9.29. Насадка для массообменных аппаратов:
‡ – аппарат с насадкой, продольный разрез; · – клапан, общий вид.
1 – гофрированное полотно; 2, 4 – отверстия; 3 – клапаны; 5 – просечные элементы

части, образуя в вершине сгиба угол 120–170°. Клапаны расположены на полотне таким образом, что ребро угла каждого клапана 3 нижележащего полотна находится под впадиной гофр вышележащего полотна. Клапаны 3 имеют отверстия 4 с просечными элементами 5, которые направлены от ребра угла клапана в противоположные стороны, под острым углом α к вершине гофр полотна. Сечение отверстий клапана меньше, чем сечение отверстий 2 гофрированного полотна.

Насадка работает следующим образом.

Газовый поток проходит насадку снизу вверх через отвер-

стия 2 гофрированного полотна 1 и через отверстия клапанов 4. Жидкость подается сверху, образуя с газовым потоком барботажный слой на гофрированном полотне 1, причем жидкость, стекая в основном из впадин гофрированного полотна, попадает на вершины угла сгиба клапанов, распределяясь по наклонной плоскости гофр. Эффект равномерного распределения барботажного слоя и жидкости вдоль наклонной плоскости гофр обеспечивается направлением движения газа, создаваемым просечными элементами 5. При увеличении нагрузки на насадку по жидкости и по газу клапаны 3 открываются, увеличивается свободное сечение полотна, обеспечивая устойчивую эффективную работу насадки. При этом клапаны обеспечивают дополнительный контакт фаз, т.е. клапаны выполняют роль дополнительной ступени контакта, расположенной между вершинами гофр полотна, а также равномерное распределение барботажного слоя по полотну 1 насадки.

Эффективность

За счет регулируемого свободного сечения полотен и обеспечения равномерного распределения барботажного слоя и жидкости, стекающей с вышележащих полотен по гофрам полотна, и дополнительного контакта фаз при открытых клапанах предложенная конструкция позволяет повысить эффективность работы насадки и расширить диапазон эффективной работы контактного устройства до 3–3,5.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка.

Литература

Авторское свидетельство № 1292816, БИ № 8, 1987 (Авторы: Ю.А. Арнаутов, В.Г. Гореченков, Г.К. Зиберт, Л.Н. Карепина, З.С. Ахунов).

9.2.4. РЕГУЛЯРНАЯ НАСАДКА ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к конструкциям регулярных насадок, предназначенных для проведения тепломассообменных процессов в системе газ (пар) – жидкость.

На рис. 9.30 изображен насадочный элемент регулярной насадки для тепломассообменных аппаратов.

Насадка включает уложенные в пакет плоские, параллельные листы с выступами, расположенными под углом 25–45° относительно вертикали и выполненными в виде жгута из вязаного рукава, который уложен на лист по винтовой спирали со смещением витков относительно друг друга, причем листы в пакете уложены таким образом, что выступы на поверхности листов, обращенных друг к другу, расположены в противоположных направлениях. Листы могут быть перфорированные и рифленые.

Регулярная насадка работает следующим образом.

Жидкая фаза подается на верхний торец насадки и стекает в виде тонкой пленки по поверхности листов, взаимодействуя с восходящим потоком газа (пара). Выступы в виде гибкого жгута, выполненого из вязаного рукава, турбулизируют жид-

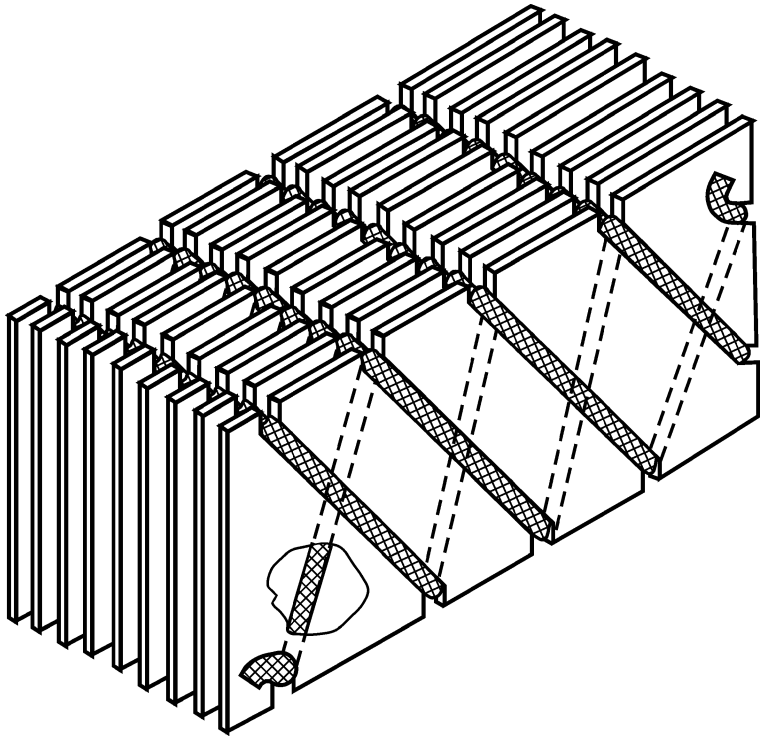


Рис. 9.30. Регулярная насадка для тепломассообменных аппаратов

костную пленку, способствуя тем самым увеличению контакта фаз вследствие ее интенсивного обновления.

Угол наклона 25–45° выступов к вертикальной оси и соответствующее их выполнение обеспечивают более рациональное использование рабочего объема насадочного слоя вследствие эффективного перераспределения жидкости по поверхности насадочных элементов.

Выполнение элементов насадки с выступами из вязаного рукава позволило дополнительно получить эффект сепарации и дренажа, что исключило срыв капель при перемещении жидкости навстречу потоку газа.

Эффективность

Предлагаемая регулярная насадка легка в изготовлении, не требует изготовления штампов, если конфигурация листа не изменяется, что значительно снижает стоимость насадки и трудоемкость ее изготовления.

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН и внедрено в промышленность.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2113900, 1997 (Автор Г.К. Зиберт).

9.2.5. КОНТАКТНО-СЕПАРАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО

Краткое описание

Предложенная конструкция (рис. 9.31) относится к устройствам для очистки газа от примесей, в частности к сепарационному и колонному оборудованию, которое применяется на газовых промыслах и газобензиновых заводах.

Устройство содержит набор пакетов 1, состоящих из пространственных рам 2, на которые намотан проницаемый для газа пористый материал, например сетчатый рукав 3. Внутри пакетов 1 на основании 4 размещена объемная насадка 5, которая может быть объемной насыпной или плоской. Внутренняя по-

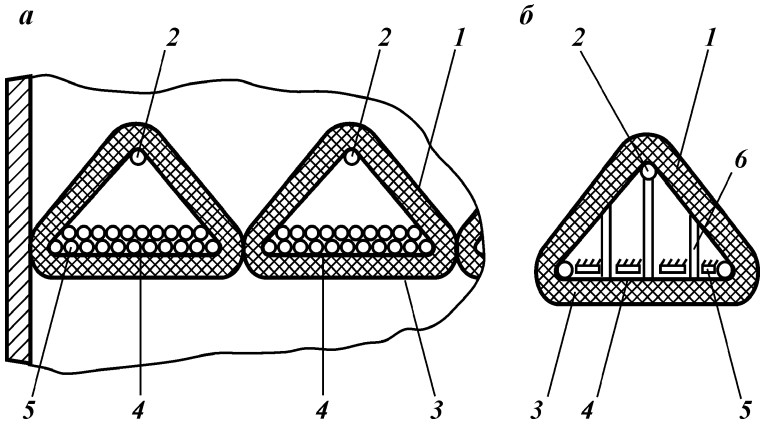


Рис. 9.31. Контактно-сепарационное устройство:
‡ – с объемной насадкой; · – с плоской насадкой.
1 – набор пакетов; 2 – пространственные рамы; 3 – сетчатый рукав; 4 – основание; 5 – объемная насадка; 6 – перегородка

лость пакета 1 может быть секционирована направляющими (или перегородками) 6, исключающими местное смещение насадки, например, при транспортировке.

Устройство работает следующим образом.

При малом расходе газа насадка 5 лежит на основании 4 внутренней полости пакета 1, перекрывая часть его живого сечения. Газ проходит через основание 4 пакета 1 по его краям, часть газа проходит через слой насадки 5, при этом происходит контакт газа с жидкостью, стекающей между пакетами 1 навстречу газу и смачивающей поверхность насадки 5 и пакета 1.

Затем газ проходит через развитую поверхность верхних слоев пакета 1, где сепарируется от жидкости. Далее процесс повторяется на вышележащих пакетах.

При увеличении расхода газа насадка 5 поднимается (перемещается), увеличивая постепенно живое сечение. Газ проходит через основание 4 пакета 1, контактируя с жидкостью в барботажном режиме через слой насадки 5, ограниченной пористым материалом 3, где контактирует с жидкостью в режиме работы насадки 5 во взвешенном слое. Далее газ сепарируется в верхних слоях пакета 1. Так как насадку 5 в каждом пакете 1 можно заранее набрать слоем требуемой высоты и она не сможет смещаться в горизонтальной плоскости (накапливаться, например, у стенки корпуса, где скорость газа обычно ниже, чем в центре), потоки газа и жидкости распре-

деляются равномерно по всему сечению аппарата и его высоте.

При дальнейшем увеличении нагрузок по газу, последний поднимает насадку к верхней части пакета 1, где она располагается стационарно рядами и служит уже для распределения жидкости, с которой контактирует поднимающийся газ.

Эффективность

У предложенного устройства расширен диапазон работы за счет изменения его живого сечения в зависимости от нагрузок по газу и жидкости, повышена эффективность разделений газожидкостной смеси за счет более равномерного распределения слоя насадки по сечению устройства, так как она размещена во внутренней полости пакета и не может перемещаться за его пределы и перераспределяться по сечению и высоте устройства, перераспределяясь в пакете. При этом высота набора слоя (взвешенного) насадки не ограничена, так как вес насадки в вышележащем пакете не влияет на вес нижележащей. Кроме этого, исключается истирание (эрозия) стенок корпуса устройства движущейся насадкой, так как она заключена в пакеты и не касается их. Последнее имеет большое значение для эксплуатации устройств, работающих под давлением.

В предложенном устройстве исключена возможность уноса насадки с газом при больших расходах или пульсирующих режимах, что позволяет монтировать насадку на заводе-изготовителе и исключает перемещение ее по корпусу во время транспортировки. Кроме того, уменьшается гидравлическое сопротивление устройства, так как исключается зависание насадки на большой высоте и по всему сечению устройства. Пакеты насадок унифицированы: не изменяя конструкции пакета, можно получить любую требуемую порозность и поверхность, а в качестве насадки использовать существующие освоенные промышленностью элементы.

Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1528536, БИ № 46, 1989 (Автор Г.К. Зиберт).

9.2.6. ОБЪЕМНАЯ НАСАДКА

Краткое описание

Предложенная объемная насадка (рис. 9.32) представляет собой фильтрующий элемент со сплюснутым выходом и относится к контактным и сепарационным устройствам насадочного типа.

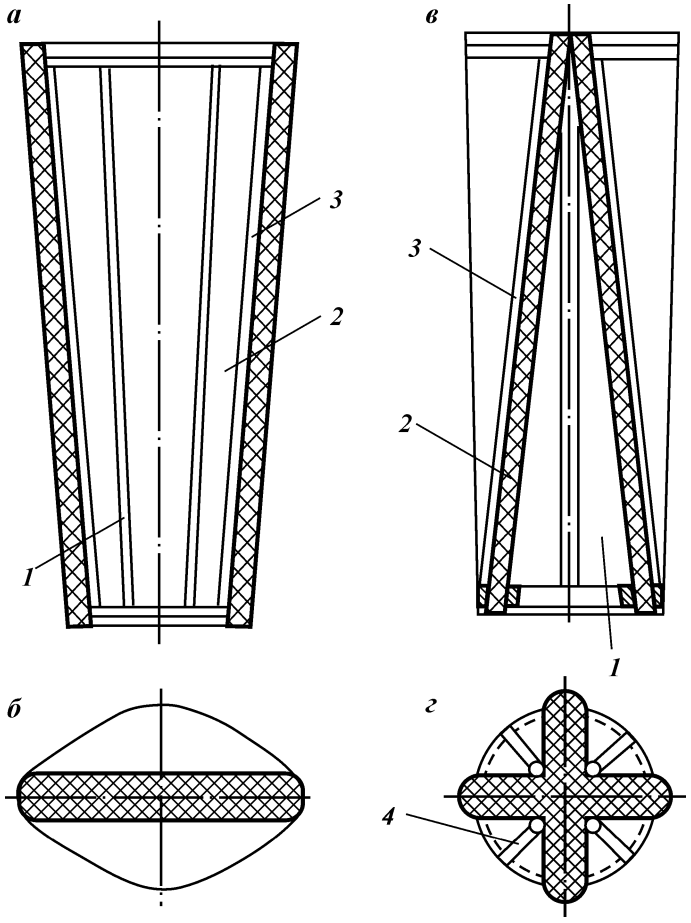


Рис. 9.32. Объемная насадка:
‡ – разрез, · – вид сверху; , – модификация объемной насадки, „ – то же, вид сверху.
1 – полый элемент; 2 – пористый материал; 3, 4 – опорные элементы

Объемная насадка представляет собой полый элемент 1, выполненный из пористого материала 2, например, объемной вязаной сетки или стеклохолста. Пористый материал 2 расположен на опорных элементах (рамах) 3, например, намотки рукавной сетки с перекрытием, при этом опорный элемент 3 с одной стороны представляет собой замкнутую поверхность (кольцо, многоугольник, звездообразное тело), а с другой – замкнутую плоскую фигуру. С наружной стороны насадки могут быть расположены опорные элементы 4.

Объемная насадка работает следующим образом.

Смесь поступает на пористый материал 2, смачивает его, тяжелая фаза стекает по пористому материалу вниз, например, в опорную решетку. Легкая фаза, проходя через слой насадки полого элемента 1, отделившись от тяжелой, отбирается отдельным потоком.

Эффективность

Выполнение элемента сплющенным в одной плоскости или более обеспечивает возможность изготовления элемента на единицу длины с одинаковой или увеличивающейся поверхностью в сторону его закрытой части, что увеличивает общую поверхность элемента, а следовательно, повышает производительность и эффективность при снижении гидравлического сопротивления. Это обеспечивается уменьшающимся по длине поперечным сечением элемента, что снижает скорость потока на его наружной поверхности.

Объемная насадка позволяет при максимальной ее поверхности обеспечить наилучший гидравлический режим потока как внутри полого элемента, так и снаружи за счет уменьшения поперечного сечения по длине без снижения удельной поверхности насадки. Увеличенная поверхность насадки при минимальной поверхности поперечного сечения способствует росту производительности и снижению гидравлического сопротивления, а выравнивание потоков по длине элемента исключает унос отдельной тяжелой фазы с легкой.

Техническое решение использовано в промышленности.

Литература

Авторское свидетельство № 1329807, БИ № 30, 1987 (Автор Г.К. Зиберт).

9.2.7. СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНТАКТНО-СЕПАРАЦИОННОЙ НАСАДКИ

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к способам изготовления из вязаных сетчатых рукавов массообменных и сепарационных насадок аппаратов, применяемых для процессов контактирования и разделения систем "газ – жидкость", и может быть использовано в газовой, газоперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

На рис. 9.33 изображена схема протягивания вязаных сетчатых рукавов через фильеру.

Способ осуществляют следующим образом.

Вязаные сетчатые рукава 1 собирают в пучок и связывают на конце проволокой, свободный конец которой пропускают через фильеру 2 и укрепляют на валу двигателя 3. При включении двигателя проволока наматывается на вал и протягивает пучок рукавов через фильеру. При этом происходит деформация вязаных сетчатых рукавов с взаимным переплетением ячеек каждого рукава. В результате получается жгут, сохраняющий свою форму выхода из фильеры. Полученный жгут разрезают на отрезки требуемой длины, которые затем размещают на основание – в трубки или на решетки.

Эффективность

Использование предложенного способа изготовления контактно-сепарационной насадки позволяет получить насадку с

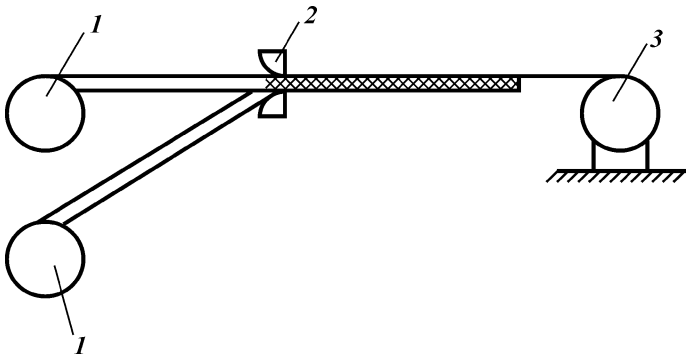


Рис. 9.33. Схема протягивания вязаных сетчатых рукавов через фильеру:
1 – вязаные сетчатые рукава; 2 – фильера; 3 – двигатель

развитой удельной поверхностью. Кроме того, этот способ обеспечивает возможность варьирования удельной поверхности в зависимости от заданных условий.

Техническое решение широко используется в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 867406, БИ № 36, 1981 (Авторы: Г.К. Зиберт, В.И. Гибкин).

9.2.8. СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАКЕТА СЕТЧАТОЙ НАСАДКИ

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к способам изготовления сетчатой насадки из вязаной рукавной сетки и может быть использовано при изготовлении насадочных колонн и сепараторов окончательной ступени очистки установок подготовки и переработки газа.

На рис. 9.34 изображена схема, реализующая способ изготовления пакета сетчатой насадки.

Вязаному сетчатому рукаву 1 эллипсовидного сечения придают цилиндрическую форму, пропуская через внутреннюю полость рукава шар 2 соответствующего диаметра, затем протягивают рукав между планками 3 зажимного приспособления 4, сплющивая его в направлении, перпендикулярном первоначальному. Намотку рукава производят на основании 5, закрепленном между фиксирующими щечками 6, со смещением витков на половину их ширины относительно друг друга, закрепляют конец рукава 1 и извлекают стержневое основание 5 из готового пакета.

Эффективность

Предложенный способ изготовления пакета сетчатой насадки позволяет за счет увеличения свободного объема и удельной поверхности насадки повысить эффективность сепарации. Кроме этого, предложенный способ позволяет изготавливать

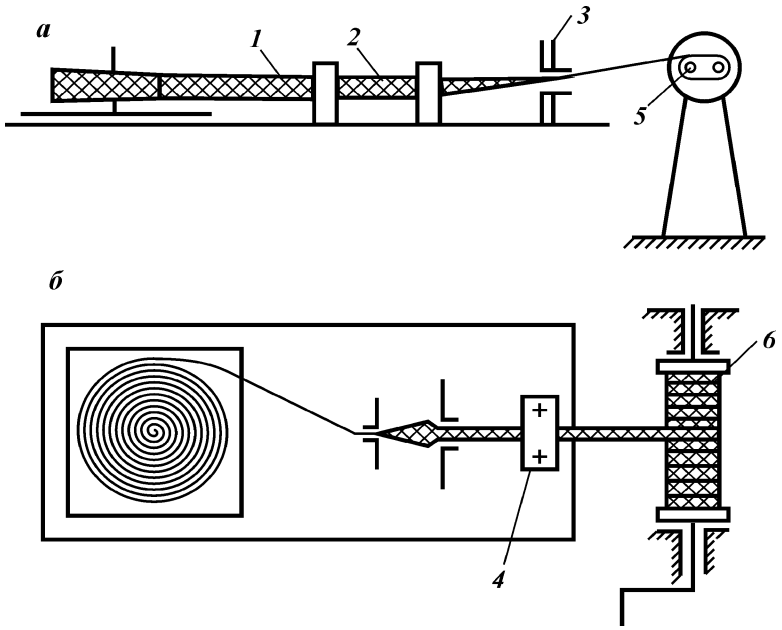


Рис. 9.34. Схема, реализующая способ изготовления пакета сетчатой насадки:
1 – вязаный сетчатый рукав; 2 – шар; 3 – планки зажимного приспособления; 4 – зажимное приспособление; 5 – основание; 6 – фиксирующие щечки

насадки диаметром более 1000 мм, а по сравнению с укладкой, которая производится вручную, механизировать процесс намотки пакетов.

Предложенным способом могут изготавливаться пакеты сетчатой насадки прямоугольной, сегментной или другой формы.

По данному техническому предложению на предприятии изготовлены приспособления для производства пакетов сетчатой насадки путем намотки вязаной рукавной сетки на стержневое основание с последующим его демонтажом и поджатием сетчатой насадки. Свободное сечение в пакете насадки 0,97–0,99 $м^2/м^2$, поверхность проволок 300–700 $м^2/м^3$, плотность насадки от 100 до 350 $кг/м^3$.

Техническое решение используется в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 889068, БИ № 46, 1981 (Авторы: М.В. Акимов, Г.К. Зиберт, О.С. Петрашкевич, В.А. Толстов, В.С. Нехрист).

9.2.9. СЕПАРАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО

Краткое описание

Предложенное сепарационное устройство (рис. 9.35) относится к устройствам для очистки газа от примесей и, в частности, к сепарационному и колонному оборудованию, которое применяется на газовых промыслах и газобензиновых заводах.

Сепарационное устройство представляет собой набор пакетов 1, каждый из которых состоит из пространственной рамы 2, на которую намотан сетчатый рукав 3 таким образом, что образует две ступени сепарации – предварительную 4 и окончательную 5. Выходная ступень поджата прижимным устройством 6 через планки 7.

Для крепления пакетов 1 к корпусу аппарата могут использоваться планки 7, предусматриваться специальные кронштейны или балки 8. Между предварительной 4 и окончательной 5 ступенями сепарации может располагаться коалесцирующий элемент 9, например, из супертонкого стекловолокна, который частично или полностью заполняет и пространство между сепарационными ступенями. Для увеличения поверхности сепарации и улучшения отбора жидкости пространственная рама может иметь в сечении форму треугольника, пакеты же могут располагаться под углом друг к другу.

Работает сепарационное устройство следующим образом.

Газожидкостная смесь поступает на предварительную ступень сепарации 4, плотность укладки которой ниже плотности окончательной ступени сепарации. На предварительной ступени отделяется основная масса жидкости и происходит укрупнение мелкодисперсных капель. При наличии коалесцирующего элемента между ступенями сепарации происходит дополнительное укрупнение капель жидкости. Далее капли жидкости вместе с газом поступают на окончательную ступень 5 сепарации, где сталкиваются с плотно уложенной объемной сеткой, смачивают ее, укрупняются и за счет сил гравитации стекают в нижнюю часть аппарата или сборника жидкости, а очищенный газ отбирается на выходе из окончательной ступени 5 сепарации.

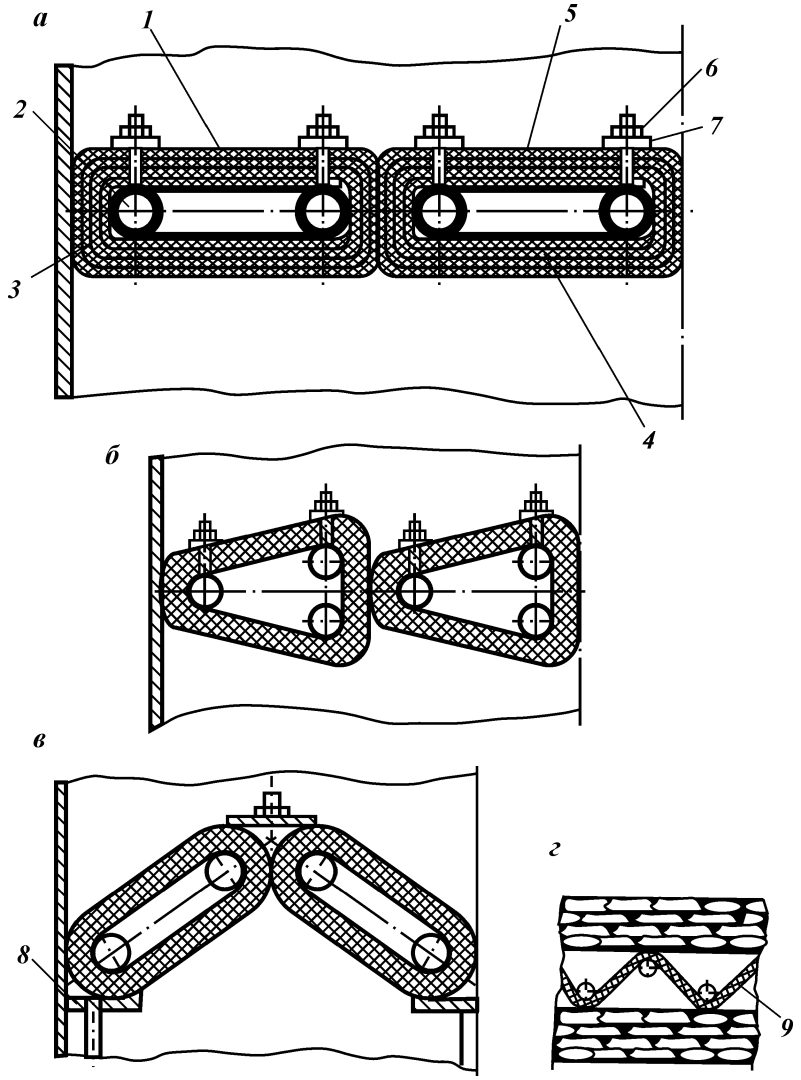


Рис. 9.35. Сепарирующее устройство:

‡ – общий вид; · – то же, с рамами треугольной формы; ‚ – то же, с пакетами, расположенными под углом друг к другу; „ – то же, с коалесцирующим элементом.

1 – набор пакетов; 2 – пространственная рама; 3 – сетчатый рукав; 4, 5 – предварительная и окончательная ступени сепарации; 6 – прижимное устройство; 7 – планки; 8 – балки; 9 – коалесцирующий элемент

Эффективность

Предложенное сепарационное устройство позволяет упростить конструкцию сепарационных пакетов за счет применения взамен укладки последовательной намотки сетчатого рукава на пространственную раму, что позволяет автоматизировать процесс изготовления насадки. При этом одновременно образуются две ступени сепарации, повышается эффективность сепарационного устройства. Две ступени сепарации образуют кожух для размещения коалесцирующего элемента и позволяют выполнить окончательную ступень сепарации с более плотной укладкой сетчатого рукава, чем предварительная ступень, что снижает гидравлическое сопротивление обеих ступеней и повышает их эффективность.

Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 710590, БИ № 3, 1980 (Автор Г.К. Зиберт).

9.2.10. КОАЛЕСЦИРУЮЩИЙ ПАТРОН

Краткое описание

Предложенный коалесцирующий патрон (рис. 9.36) может быть использован в абсорберах, сепараторах, разделителях жидкости и т.д. и предназначен для коалесценции мелкодисперсных капель жидкости, разделения двух несмешивающихся жидкостей, сепарации и фильтрации газов от мелкодисперсных капель жидкости или механических примесей.

Коалесцирующий патрон состоит из каркаса, выполненного в виде пластин 1, прикрепленных к концам патрубка 2, к которым приварены фланец 3 и крышка 4. На пластины 1 уложены по винтовой спирали два слоя опорной сетки 5, выполненной в виде вязаного рукава, между которыми располагаются два-три слоя коалесцирующего материала 6, например, нетканый материал типа лавсан. Наружный слой опорной сетки 5 укреплен проволокой 7.

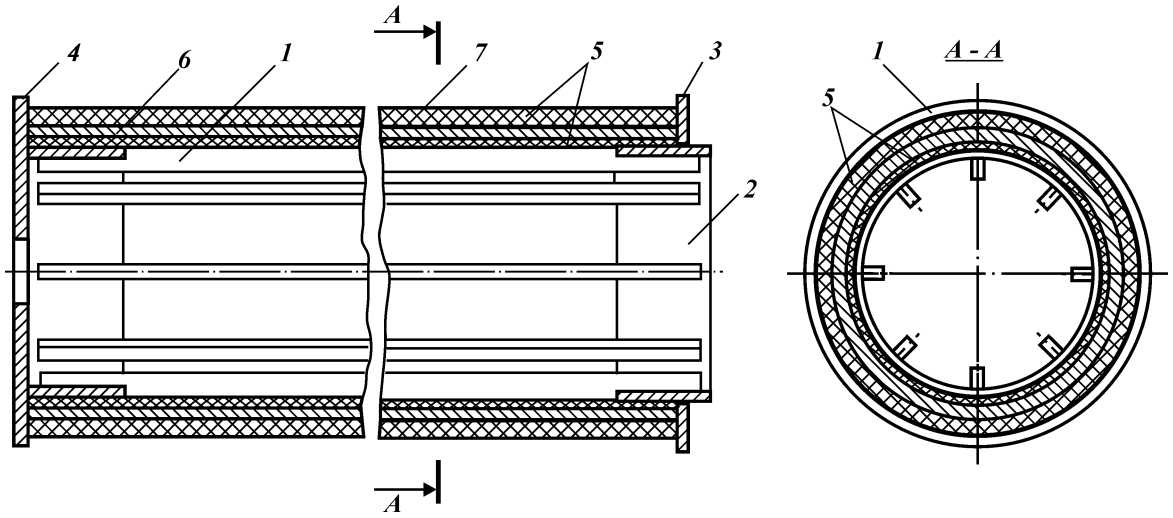


Рис. 9.36. Коалесцирующий патрон:
1 – пластины; 2 – патрубок; 3 – фланец; 4 – крышка; 5 – опорная сетка; 6 – коалесцирующий материал; 7 – проволока

Коалесцирующий патрон работает следующим образом.

Жидкую смесь вводят во внутреннюю полость патрона, она проходит опорный слой рукавной сетки 5, выполняющей роль предварительного коагулятора, равномерно распределяется по всей площади коалесцирующего материала 6, где мелкие частицы жидкости коагулируются в более крупные. Скоагулированные частицы жидкости, выходящие из коалесцирующего материала, под собственным весом стекают по наружному слою опорной рукавной сетки патрона вниз. Коалесцирующий патрон обеспечивает одинаковую степень коагуляции независимо от того, с какой стороны коалесцирующей поверхности входит жидкостная смесь.

Эффективность

Применение в качестве опорного элемента вязаного рукава, уложенного в каркас по винтовой линии, значительно снижает металлоемкость и трудозатраты при изготовлении патрона, при этом обеспечиваются максимальное живое сечение патрона (95–98 %) и равномерная работа по всей фильтрующей поверхности как с точки зрения технологии процесса, так и восприятия ею механических нагрузок, создаваемых обрабатываемой средой.

Устройство усовершенствовано для снижения гидравлического сопротивления (см. п. 9.2.6). Техническое решение используется в промышленности.

Разработчик

ВНИИГаз (142717, Московская обл., Ленинский район, пос. Развилка).

Литература

Авторское свидетельство № 850142, БИ № 28, 1981 (Авторы: Г.К. Зиберт, А.М. Сиротин, В.Ф. Лисовский, А.М. Сун).

9.2.11. СЕПАРАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ ОТ ГАЗА

Краткое описание

Предложенное сепарационное устройство (рис. 9.37) относится к области очистки газа от взвешенной в нем жидкости, в частности к сепарационным устройствам насадочного типа, и

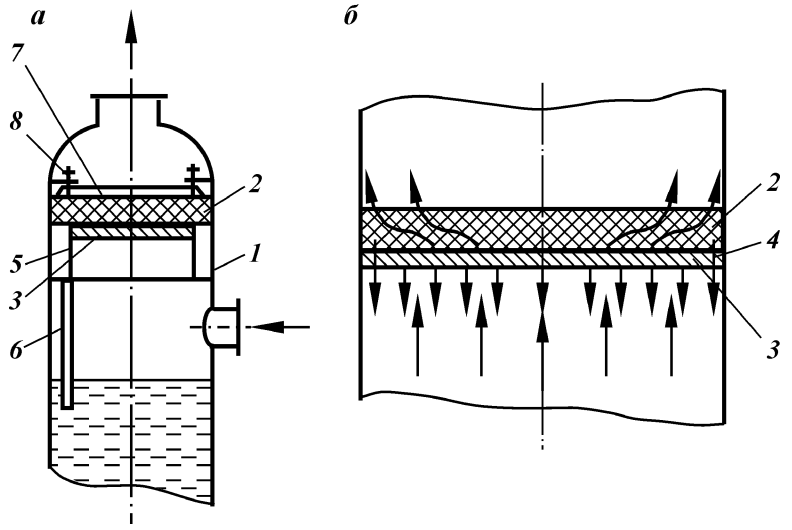


Рис. 9.37. Сепарационное устройство для отделения жидкости от газа:
‡ – общий вид; · – сетчатый отбойник и инерционная распределительная решетка.
1 – корпус; 2 – сетчатый отбойник; 3 – распределительная решетка; 4 – наклонные направляющие перегородки; 5 – карман для сбора жидкости; 6 – сливная труба; 7 – решетка; 8 – болт

может быть использовано для отделения жидкости из потока газа в сепараторах или колоннах для предотвращения уноса жидкости с газом.

В корпусе 1 сепарационного устройства установлен сетчатый отбойник 2, выполненный обычно из нержавеющей проволоки или синтетического волокна. Сетчатый отбойник размещен на инерционной распределительной решетке 3, выполненной в виде наклонных направляющих перегородок 4.

Край решетки 3 может быть соединен с карманом 5 для сбора жидкости, заканчивающимся сливными трубами 6, концы которых входят в жидкость для образования гидрозатвора. Оптимальный наклон перегородок 4 распределительной решетки к плоскости отбойника примерно 30° и зависит от толщины и материала насадки.

Для предотвращения перемещения отбойника и равномерного уплотнения последний накрывается решеткой 7 из ребер жесткости, которая поднимает отбойник к инерционной решетке с помощью болта 8. Для увеличения площади инерционной распределительной решетки и улучшения стока жидкости она может быть выполнена наклонной в виде конуса или сферы.

Сепарационное устройство работает следующим образом.

Поток газа с жидкостью попадает на инерционную распределительную решетку, где, проходя через направляющие каналы, образованные наклонными направляющими перегородками, изменяет свое направление, заставляя отделившуюся жидкость в отбойнике двигаться в сторону слива. При этом в результате действия сил инерции происходит первичная (грубая) сепарация жидкости в инерционной решетке.

Поток газа, выйдя из каналов решетки вместе с захваченными каплями жидкости, сразу попадает на сетчатый отбойник 2, где окончательно очищается от жидкости. Причем отделившаяся жидкость, заполняющая низ отбойника, за счет сил инерции движется в сторону сливного кармана, а газ, изменяя направление, уходит вверх, проходя при этом больший путь, чем толщина отбойника, что также улучшает сепарацию.

Жидкость, достигнув стенки корпуса 1, сливается в карман 5. Слив жидкости происходит беспрепятственно, так как отсутствует противоток газа, обычно повторно подхватывающий стекающую отделившуюся жидкость.

Эффективность

Эффективность сепарации жидкости от газа без увеличения высоты сетчатого отбойника достигается тем, что сетчатый отбойник расположен непосредственно на инерционной распределительной решетке, а верхние кромки направляющих перегородок смещены по отношению к нижним кромкам от центра к периферии корпуса.

Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 432912, БИ № 23, 1974 (Автор Г.К. Зиберт).

9.3. УЗЛЫ ВВОДА В АППАРАТ ГАЗА ЖИДКОСТИ И ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

9.3.1. ТАРЕЛКА ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

Краткое описание

Предложенная тарелка (рис. 9.38) относится к распределительным устройствам для жидкости тепломассообменных аппаратов, применяемых в химической, нефтеперерабатывающей промышленности, где осуществляется физическое взаимодействие между газом (паром) и жидкостью, в частности к тарелкам для распределения жидкости в насадочных и тарельчатых колоннах в процессах ректификации, десорбции и абсорбции.

Тарелка для жидкости заключена в корпусе 1 массообменного аппарата и содержит приемный карман 2, распределительный карман 3 с распределительными элементами 4 и переточные каналы, соединяющие приемный карман 2 с распределительным карманом 3.

При осуществлении направленного слива жидкости распределительная тарелка дополнительно содержит сливную перегородку 6, с которой соединены открытые концы распределительных элементов 4.

При выполнении переточных каналов в виде тепломассообменных трубок 5 и распределительных элементов 4 съемными распределительная тарелка содержит шайбы 7, приваренные к переточным тепломассообменным трубкам 5 и распределительным элементам 4, гайки 8, шайбы 9 и прокладки 10, используемые для элементов 4 и 5, которые имеются между внутренними стенками приемного 2 и распределительного 3 карманов, при этом переточные теплообменные трубки 5 и распределительные элементы 4 снабжены с одной стороны наружной резьбой.

Тарелка работает следующим образом.

Жидкость, например, диэтиленгликоль поступает в приемный карман 2, где происходит частичное выветривание из нее легких компонентов за счет разности давлений в трубопроводе подачи жидкости и аппарате, в котором установлена тарел-

ка. Далее жидкость проходит через один или более рядов переточных тепломассообменных трубок 5, в процессе чего нагревается потоком восходящего газа (пара) и поступает в распределительный карман 3, где происходит дальнейшее выветривание легких компонентов из нагретой в трубках 5 жидкости.

Одновременно на наружной поверхности трубок 5 происходит образование дополнительной флегмы (конденсация) за счет охлаждения газа (пара) жидкостью, а следовательно, образуется дополнительная зона контакта газа (пара) с жидкостью, и, как результат, происходит концентрирование флегмы.

Из распределительного кармана 3 жидкость через распределительные элементы 4 поступает на насадку (либо на нижележащую массообменную тарелку).

Жидкость при прохождении через распределительные элементы 4 одновременно нагревается и дополнительно выветривается при сливе через сливную перегородку 6, а на наружной поверхности распределительных элементов 4 также происходит конденсация паров (газа) за счет образования еще одной дополнительной зоны контакта между газом (паром) и жидкостью.

Эффективность

При расположении переточных тепломассообменных трубок в два или более рядов помимо увеличения поверхности тепломассообмена расширяется и диапазон устойчивой работы распределительной тарелки по жидкости и, в частности, обеспечивается возможность работы распределительной тарелки при небольших расходах жидкости.

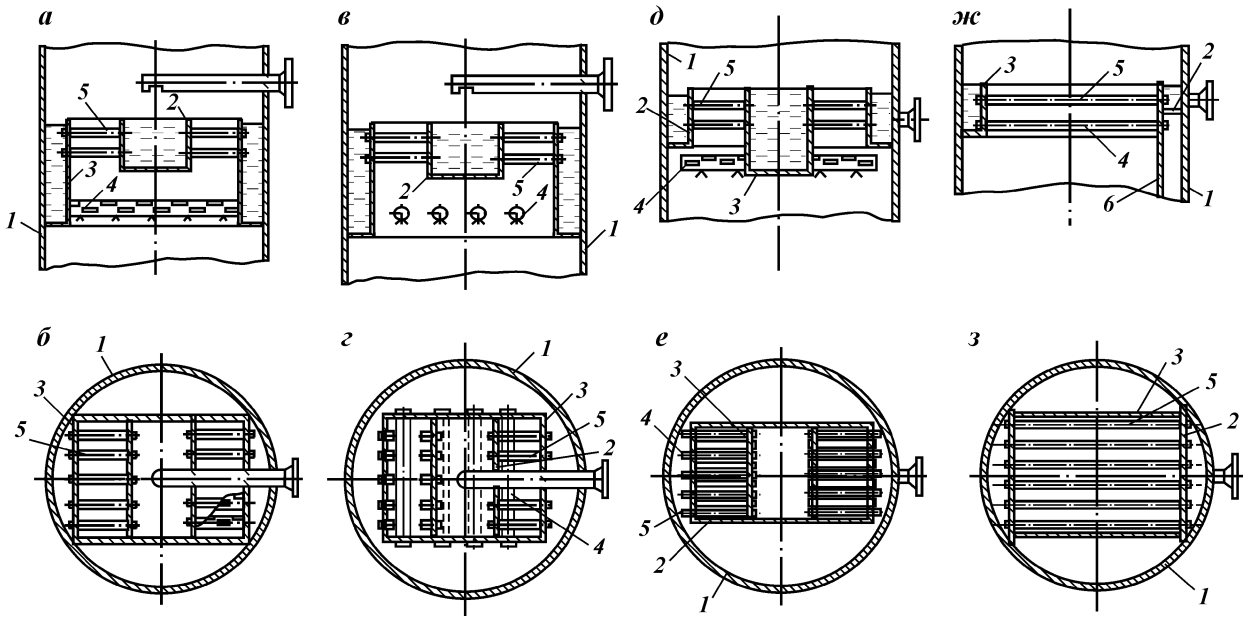
Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1301427, БИ № 13, 1987 (Авторы: Г.К. Зиберт, Е.М. Гохштейн, С.И. Кузьмин, Э.Л. Богомольный).


а
б
в
г
д
е
ж
з
1
2
3
4
5
6

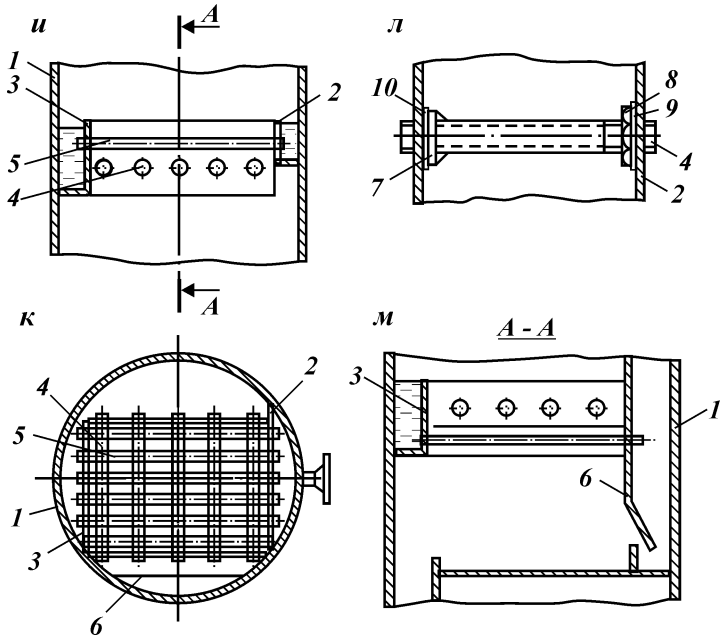


Рис. 9.38. Тарелка для распределения жидкости в тепломассообменных аппаратах:

‡ – предлагаемая тарелка, вид спереди; **·** – то же, вид сверху; **¸** – тарелка, в которой распределительный карман внутри ограничен стенками, имеющими на виде сверху форму прямоугольника; **„** – то же, вид сверху; **‰** – тарелка, в которой приемный карман внутри ограничен стенками, имеющими на виде сверху форму прямоугольника, вид спереди; **Â** – то же, вид сверху; **Ê** – распределительная тарелка, содержащая сливную перегородку, соединенную с распределительными элементами, выполненными в виде переточных тепломассообменных трубок, вид спереди; **Á** – то же, вид сверху; **Ë** – тарелка, в которой распределительный карман ограничен внутри стенками, имеющими на виде сверху форму прямоугольника, а распределительные элементы, выполненные в виде переточных теплообменных трубок, расположены перпендикулярно переточным тепломассообменным трубкам, вид спереди; **Í** – то же, вид сверху; **Î** – крепление переточных тепломассообменных трубок и распределительных элементов; **Ï** – разрез **А–А** на рис. 9.38, **Ë**.

1 – корпус аппарата; 2 – приемный карман; 3 – распределительный карман; 4 – распределительные элементы; 5 – тепломассообменные трубки; 6 – сливная перегородка; 7, 9 – шайба; 8 – гайка, 10 – прокладка

9.3.2. ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к конструктивному выполнению устройств для распределения газового потока по сечению аппарата и может быть использовано в массообменных аппаратах, сепарационных и фильтрационных аппаратах, в частности абсорберах осушки и очистки газа, сепараторах или фильтрах газа.

На рис. 9.39 схематически представлен аппарат с газораспределительным устройством с различными вариантами выполнения каналов для прохода газа.

Газораспределительное устройство содержит обечайку *1*, установленную внутри корпуса *2* аппарата эксцентрично относительно его оси против патрубка *3* входа газа с зазором *4* к нему.

Обечайка *1* соединена с корпусом *2* перегородкой *5*, расположенной выше патрубка *3* входа газа.

Устройство снабжено перфорированным основанием *6*, на котором установлена обейчайка *1*, прикрепленным к корпусу *2* и образующим с ним зазор *7*. Основание может быть выполнено из листов *8*, установленных с зазором один к другому и к корпусу *2* и прикрепленных к корпусу. В обечайке *1* выполнены каналы *9* для прохода газа, имеющие переменное сечение, уменьшающееся к оси расположения патрубка *3* входа газа. Каналы для прохода газа могут быть образованы зазором *10* между основанием *6* и обечайкой *1*, уменьшающимся к оси расположения патрубка *3* входа газа. Для снижения гидравлического сопротивления суммарная площадь каналов выбирается меньше поперечной площади обечайки и больше площади сечения патрубка *3* входа газа. Обечайка *1* у патрубка входа газа разделена продольной перегородкой *11*, концы которой выведены через противоположные каналы, расположенные у патрубка входа газа, и отбортованы в сторону последнего. Обечайка может быть выполнена каплевидной формы с ориентацией острой кромки образующей в сторону патрубка *3* входа газа. На выходе обечайка может быть дополнительно снабжена сетчатым отбойником *12*.

Устройство работает следующим образом.

Газ подается по патрубку *3* в сужающийся зазор между корпусом *2* и обечайкой *1*, ограниченный снизу основанием *6* и перегородкой *5* сверху, откуда отбирается через каналы *9* в центр обечайки. Механические примеси и свободная жидкость

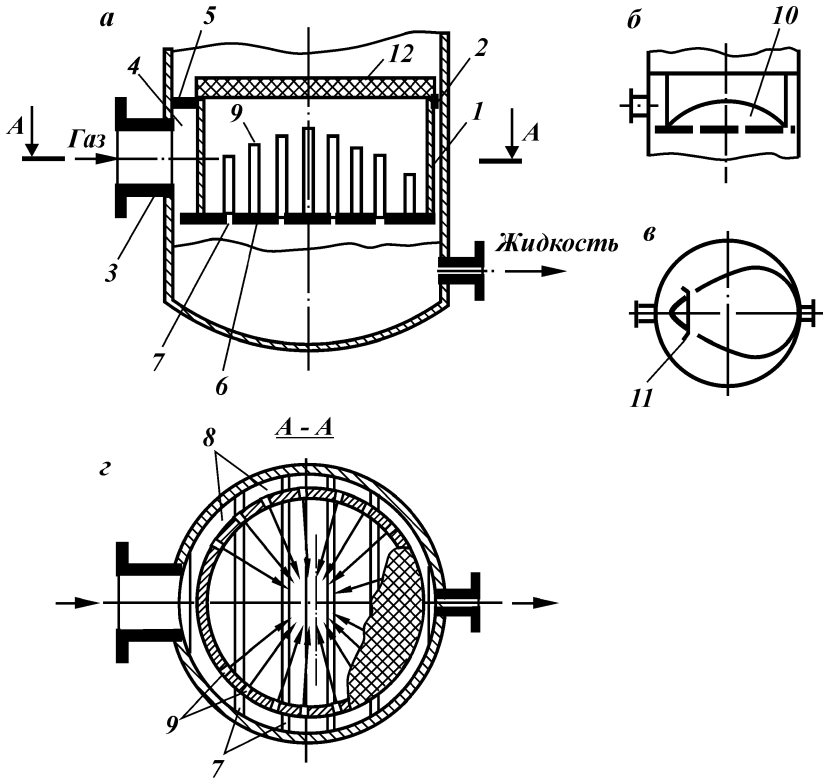


Рис. 9.39. Газораспределительное устройство:
а – аппарат с газораспределительным устройством; *б* – вариант выполнения каналов для прохода газа; *в* – вариант выполнения обечайки, имеющей каплевидную форму.
1 – обечайка; *2* – корпус аппарата; *3* – патрубок входа газа; *4* – зазор; *5* – перегородка; *6* – основание; *7* – зазор; *8* – листы; *9* – каналы для прохода газа; *10* – зазор; *11* – продольная перегородка; *12* – сетчатый отбойник

снимаются отбортовкой продольной перегородки *11* и за счет сил тяжести отбираются через зазор *7* между листами *8*. Для обеспечения равномерного расхода газа сечение каналов *9* уменьшается к оси патрубка входа газа, так как динамический напор газа максимален у патрубка входа газа и со стороны, противоположной расположению этого патрубка. Динамический напор предварительно выравнивается уменьшающимся зазором между корпусом и обечайкой и переменным сечением каналов.

Эффективность

Технико-экономические преимущества предложенного устройства заключаются в уменьшении его габаритов за счет использования поверхности обечайки для распределения газа, в повышении эффективности работы устройства в результате равномерного распределения газового потока путем выравнивания его скоростей.

Использование предложенной конструкции позволяет равномерно распределить газовый поток на небольшой высоте (1,5–2 диаметра штуцера), так как газ отбирается из обечайки, непосредственно установленной против штуцера. Изменением сечения каналов можно добиться полного выравнивания динамических потоков, выходящих из обечайки, а так как базовый поток выходит над перфорированным основанием, исключается повторный унос жидкости из кубовой части аппарата.

Кроме того, снижается металлоемкость массообменных аппаратов с газораспределительным устройством, уменьшаются энергетические затраты, необходимые для подачи потока газа в аппарат, расширяется область применения таких устройств, которые можно также использовать на блок-понтонах и морских платформах.

Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 1643030, БИ № 15, 1989 (Авторы: Г.К. Зиберт, Л.Б. Галдина, В.В. Клюйко, В.И. Гибкин).

9.3.3. УЗЕЛ ВВОДА ЖИДКОСТИ ИЛИ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ В АППАРАТ

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к конструктивному выполнению устройств ввода жидкости или газожидкостной смеси в аппарат, в частности в абсорберы для осушки газа, сепарационные и фильтрационные аппараты.

На рис. 9.40 представлен чертеж узла ввода жидкости или газожидкостной смеси в аппарат.

Узел ввода жидкости выполнен в виде патрубка *1* с выход-

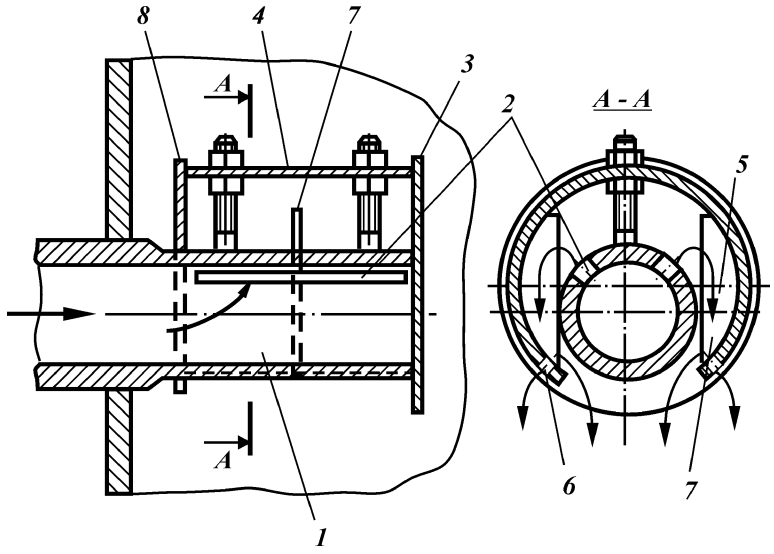


Рис. 9.40. Узел ввода жидкости или газожидкостной смеси в аппарат:
1 – патрубок; *2* – выходное отверстие; *3* – заглушка; *4* – цилиндрический колпак; *5* – каналы для прохождения исходного потока; *6* – выходные отверстия; *7* – косынка; *8* – фланец

ным отверстием *2* и заглушкой *3*, на котором эксцентрично относительно его оси установлен цилиндрический колпак *4*, образующий своей внутренней поверхностью и внешней поверхностью патрубка каналы *5* для прохождения исходного потока и имеющий выходные отверстия *6*. Для фиксации цилиндрический колпак *4* снабжен направляющими косынками *7*, а со стороны входа ограничен корпусом аппарата или фланцем *8*.

Выходные отверстия на патрубке и колпаке разнесены друг относительно друга, например на 180°. Выходные отверстия на патрубке расположены в его нижней части. Размер живого сечения выходных отверстий *6* цилиндрического колпака *4* превышает размер живого сечения продольных каналов *5*, который в свою очередь превышает размер живого сечения отверстий *2* патрубка.

Соединение колпака с патрубком может быть выполнено, например, резьбовым, что позволяет изменять эксцентричность колпака по отношению к патрубку и тем самым регулировать скорость потока жидкости и газожидкостной смеси.

Узел ввода жидкости или газожидкостной смеси в аппарат работает следующим образом.

Поток жидкости или газожидкостной смеси проходит по

патрубку *1*, выходит через отверстие *2* и разворачивается вверх на 90°, так как патрубок выполнен с заглушкой, а выходные отверстия расположены в верхней части его боковой стенки. Исходный поток, попадая в цилиндрический колпак *4*, отражается от его внутренней поверхности, разворачивается на 180° и по каналам *5*, образованным внешней поверхностью патрубка *1* и внутренней поверхностью колпака *4*, проходит к выходным отверстиям *6*, расположенным в нижней части цилиндрического колпака *4*, через которые попадает в аппарат. При прохождении исходного потока по узлу ввода он разворачивается приблизительно на 270°, за счет чего уменьшается скорость и гасится энергия потока, так как размеры живых сечений выходных отверстий и каналов по мере прохода жидкости увеличиваются в несколько раз, скорость прохождения и энергия потока, за счет его расширения, значительно уменьшается. Этим обеспечивается равномерное распределение потока жидкости или газожидкостной смеси внутри аппарата.

Эффективность

Равномерное распределение потока жидкости или газожидкостной смеси внутри аппарата позволяет повысить эффективность работы аппарата. Например, улучшить процесс массообмена за счет равномерного распределения жидкости по поверхности тарелки.

Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2094092, БИ № 30, 1997 (Автор Г.К. Зиберт).

9.3.4. ПЕРЕЛИВНОЕ УСТРОЙСТВО

Краткое описание

Предложенное техническое решение (рис. 9.41) относится к устройствам отвода жидкости с массообменных, сепарационных, фильтрующих тарелок на нижележащую ступень или в кубовую часть аппарата и может быть использовано в колонных аппаратах, например, абсорберах осушки газа, сепараторах, фильтрах или секциях многофункциональных массообменных аппаратов.

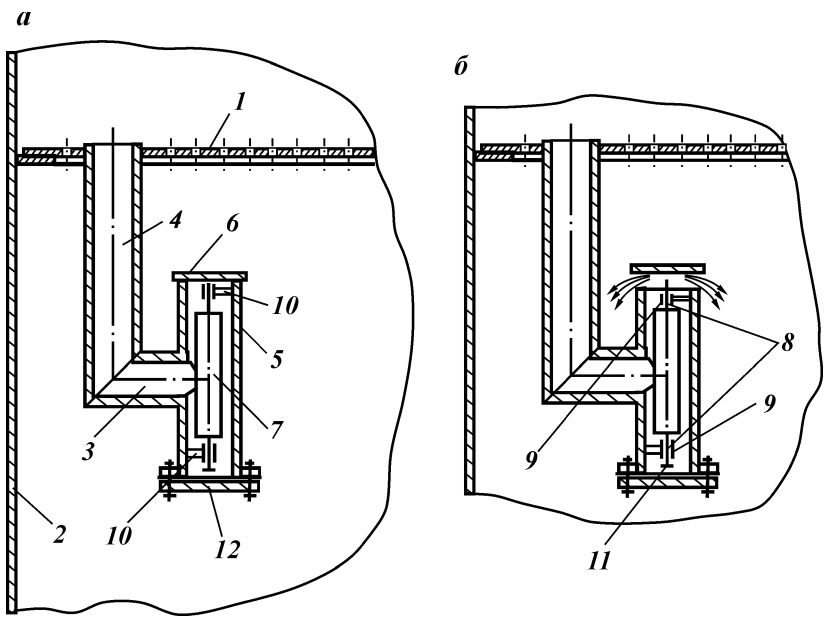


Рис. 9.41. Переливное устройство:
а – с закрытым клапаном; *б* – с открытым клапаном.
1 – тарелка; *2* – корпус аппарата; *3* – переливное устройство; *4* – входной патрубок; *5* – выходной патрубок; *6* – клапан; *7* – поплавок; *8* – тяга; *9* – направляющие; *10* – кронштейн; *11* – ограничитель подъема; *12* – съемная заглушка

К тарелке *1*, закрепленной на корпусе *2* аппарата, крепится переливное устройство *3*, выполненное в виде изогнутого кармана, состоящего из входного патрубка *4*, выходного патрубка *5*. На выходном патрубке *5* расположен клапан *6*, соединенный с поплавком 7 тягой *8*, расположенной в направляющих *9*, закрепленных кронштейном *10* на стенке выходного патрубка *5*, а тяга *8* снабжена ограничителем подъема *11*. Нижняя часть выходного патрубка *5*, которая расположена ниже нижней части входного патрубка *4* и образует сборник механических примесей, перекрыта съемной заглушкой *12*.

Переливное устройство работает следующим образом. При отсутствии жидкости на контактной, фильтрующей или сепарационной тарелке *1* клапан *6* выходного патрубка *5* под собственным весом, весом тяги *8* и поплавка *7* закрыт. Газ не проходит через переливное устройство *3* (при прохождении газа жидкость не будет сливаться через гидрозатвор). По мере накопления жидкости, стекающей из фильтров, сепарацион-

ных устройств или вышележащих тарелок на тарелку *1*, заполняется гидравлический затвор, входной патрубок *4* и выходной патрубок *5* переливного устройства *3*. При заполнении жидкостью выходного патрубка *5* переливного устройства *3*, всплывает поплавок *7* и открывает клапан *6*, присоединенный к нему с помощью тяги *8*, перемещающейся по направляющим *9*. Жидкость вытекает из переливного устройства. Объем поплавка выбирается таким образом, чтобы вес вытесненной жидкости был больше веса клапана *6*, поплавка *7* и тяги *8*. При повышении перепада давления на тарелке *1* и резком увеличении расхода газа клапан *6* закрывается, предотвращая выброс жидкости из переливного устройства *3*.

Ограничитель объема обеспечивает выброс поплавка из патрубка. Механические примеси удаляются из нижней части выходного патрубка *5* по мере накопления путем снятия заглушки *12*.

Эффективность

Основными требованиями, предъявляемыми к переливным устройствам для обеспечения надежной работы аппаратов, в которых они используются, являются:

малое гидравлическое сопротивление;

достаточная величина гидрозатвора, исключающая прорыв пара;

обеспечение протекания через переливное устройство заданного количества жидкости без захлебывания.

Кроме того, конструкция предложенного переливного устройства не требует предварительного залива в него жидкости, так как автоматически заливается технологической жидкостью в процессе работы аппарата, а при пульсирующих режимах работы аппарата исключается опустошение гидрозатвора, таким образом, обеспечивается возможность работы аппарата без его вскрытия, что особенно трудоемко для оборудования, работающего при высоких давлениях.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ №2158624, БИ №31, 2000 (Авторы: Г.К. Зиберт, Р.Г. Зиберт).

Раздел 10

СТРУЙНЫЕ УСТАНОВКИ, СВЯЗАННЫЕ С ДОБЫЧЕЙ И ПЕРЕРАБОТКОЙ НЕФТИ И ГАЗА

10.1. СПОСОБ СЖАТИЯ ГАЗА

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к струйным аппаратам.

На рис. 10.1 представлена схема установки, реализующей предложенный способ сжатия газа.

Сжатие газа осуществляется следующим образом.

В исходном положении все запорные органы *4, 6, 8, 10* закрыты, в сепараторе *2* жидкости нет.

При запуске открывают запорные органы *8* и *10* и эжектируют низконапорный газ высоконапорной жидкостью. Из эжектора *1* жидкостно-газовая смесь поступает в сепаратор *2*, по мере наполнения которого происходит постепенный рост давления. При увеличении давления до величины, при которой прекращается эжектирование газа, перекрывают запорный орган *10* и продолжают подавать жидкость по магистрали *7* через эжектор *1* в сепаратор *2*, дополнительно дожимая газ.

Затем открывают запорный орган *4* и, продолжая подавать жидкость в сепаратор *2*, отводят сжатый газ к потребителю. После полного заполнения жидкостью сепаратора *2* закрывают запорные органы *4* и *8*, открывают запорные органы *10* и *6*. В результате отводят жидкость из сепаратора *2*, подавая в него низконапорный газ по магистрали *9* через эжектор *1*. При полном опорожнении сепаратора *2* закрывают запорные органы *10* и *6* и повторяют все операции в указанной последовательности.

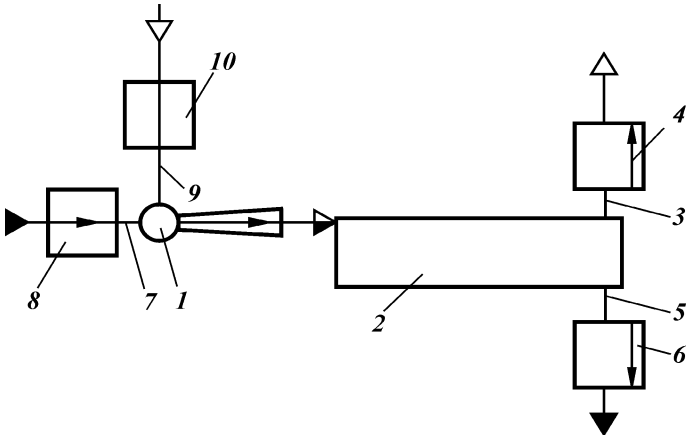


Рис. 10.1. Схема установки, реализующая способ сжатия газа:
1 – эжектор; *2* – сепаратор; магистрали: *3* – отвода газа потребителю, *5* – отвода жидкости из сепаратора, *7* – подвода высоконапорной жидкости к эжектору, *9* – подвода пассивной среды к эжектору; *4, 6, 8, 10* – запорные органы

Эффективность

Дополнительное сжатие газа в сепараторе высоконапорной жидкостью позволяет повысить давление сжимаемого газа.

Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 1201557, БИ № 48, 1983 (Авторы: Е.П. Запорожец, Л.М. Мильштейн, Г.К. Зиберт).

10.2. СПОСОБ СЖАТИЯ ГАЗА

Краткое описание

Предложенный способ относится к струйной технике и является усовершенствованием описанного ниже способа сжатия газа по авт. св. № 1201557.

На рис. 10.2 представлены схемы установок, реализующие способы сжатия газа.

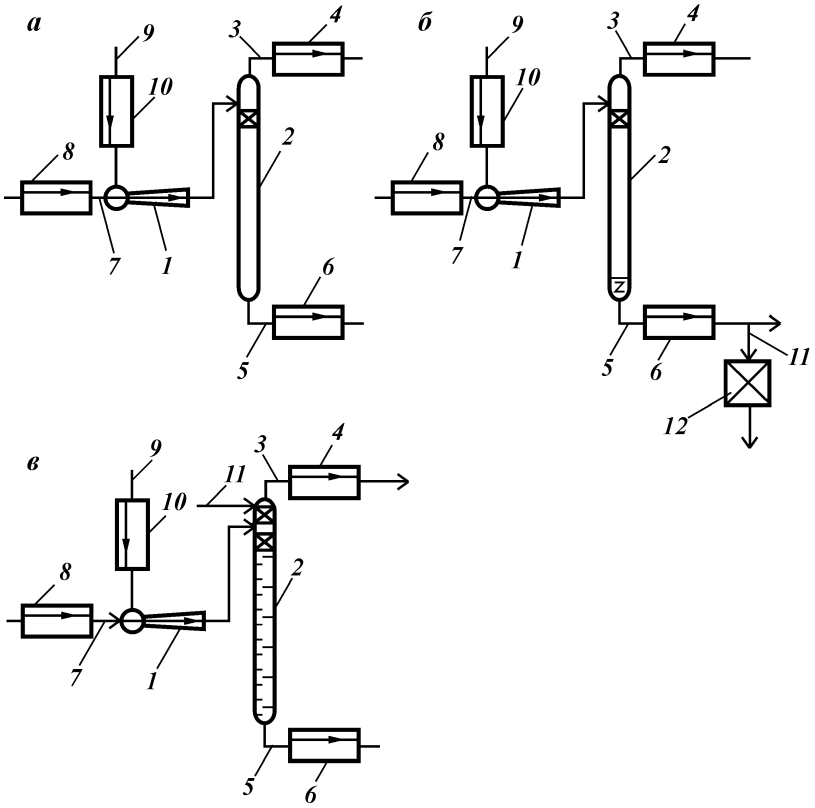


Рис. 10.2. Схемы установок, реализующие способ сжатия газа:
а – схема установки, описывающая предлагаемый способ сжатия газа; *б* – схема установки с отбором и регенерацией части жидкости; *в* – схема установки с дополнительной подачей жидкости после регенерации.
1 – эжектор; *2* – сепаратор; магистрали: *3* – отвода газа потребителю, *5* – отвода жидкости из сепаратора, *7* – подвода высоконапорной жидкости к сепаратору, *9* – подвода к эжектору пассивной среды, *11* – отбора (подачи) жидкости; *4, 6, 8, 10* – запорный орган; *12* – устройство для регенерации жидкости

Установка содержит эжектор *1*, сепаратор *2*, магистраль *3* отвода газа потребителю с запорным органом *4*, магистраль *5* отвода жидкости из сепаратора *2* с запорным органом *6*, магистраль *7* подвода высоконапорной жидкости к эжектору *1* с запорным органом *8* и магистраль *9* подвода к эжектору *1* пассивной среды с запорным органом *10*. На магистрали *5* отвода жидкости из сепаратора *2* дополнительно выполнена магистраль *11* отбора жидкости в устройство *12* для ее регенерации и подачи в сепаратор *2*.

Сжатие газа и его очистку осуществляют следующим образом.

В исходном положении запорные органы *4, 6, 8* и *10* закрыты, в сепараторе *2* жидкости нет.

При запуске открывают запорные органы *8* и *10* и эжектируют пассивный низконапорный газ высоконапорной жидкостью. Из эжектора *1* жидкостно-газовая смесь поступает в сепаратор *2*; по мере ее накопления происходит постоянный рост давления.

При увеличении давления до величины, при которой прекращается эжектирование газа, перекрывают запорный орган *10* и продолжают подавать жидкость по магистрали *7* через эжектор *1*, дополнительно дожимая газ.

При достижении максимального давления открывают запорный орган *4*, продолжают подавать жидкость в сепаратор *2*, при этом отводимый сжатый газ предварительно контактирует в противотоке с подаваемой жидкостью (в момент отвода газа, когда давление максимальное). Жидкостью при этом абсорбируют из отходящего газа вредные примеси, например, воду, сероводород, углекислоту и другие компоненты. Очищенный газ отводят потребителю.

После полного заполнения жидкостью сепаратора *2* закрывают запорные органы *4* и *8* и открывают запорные органы *10* и *6*. В результате отводят жидкость из сепаратора *2*, подавая в него низконапорный газ по магистрали *9* через эжектор *1*. При полном опорожнении сепаратора *2* закрывают запорные органы *10* и *6* и повторяют все операции в указанной последовательности.

Часть жидкости из сепаратора *2* отводят по магистрали *11* в устройство *12* для ее регенерации и затем дополнительно подают в сепаратор *2* противоточно отводимому из него газу.

Эффективность

Дополнительная очистка газа, сжимаемого в сепараторе значительным количеством высоконапорной жидкости при противоточном контактировании, осуществляемом при наиболее выгодных режимах, обеспечивает расширение функциональных возможностей способа сжатия газа.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 1321178 (Авторы: Г.К. Зиберт, Е.П. Запорожец).

10.3. СПОСОБ СЖАТИЯ ГАЗА

Краткое описание

Предложенный способ сжатия газа относится к струйным установкам, связанным с добычей и переработкой нефти и газа, и позволяет расширить диапазон применения способа.

На рис. 10.3 схематически изображена струйная установка, в которой реализуется способ сжатия газа.

Сжатие газа осуществляется следующим образом.

В исходном положении все запорные органы *4, 6* и *9* закрыты, в сепараторе *2* находится жидкость. При запуске открывают запорные органы *6* и *9* и эжектируют газ высоконапорной жидкостью. Из эжектора *1* жидкостно-газовая смесь поступает в сепаратор *2*, создавая в нем избыточное давление, под воздействием которого жидкость удаляется из сепаратора *2* по магистрали через запорный орган *6*. По мере удаления из сепаратора *2* жидкости он заполняется газом. Запорный орган *6* закрывают. Жидкостно-газовую смесь в сепаратор *2* подают до давления, при котором прекращается эжектирование газа. Прекращают подачу газа через запорный орган *9* и продолжают подавать высоконапорную жидкость по магистрали *7* через эжектор *1* в сепаратор *2*, дополнительно сжимая газ до давления 0,9 МПа. Затем открывают запорный орган *4*, продолжая подавать жидкость в сепаратор *2*, отводят сжатый газ к потребителю. После полного заполнения жидкостью сепаратора *2* закрывают запорный орган *4*, открывают запорные органы *6* и *9* и повторяют все операции в указанной последовательности.

Эффективность

Эффективность предложенного способа сжатия газа достигается за счет расширения диапазона применения. Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

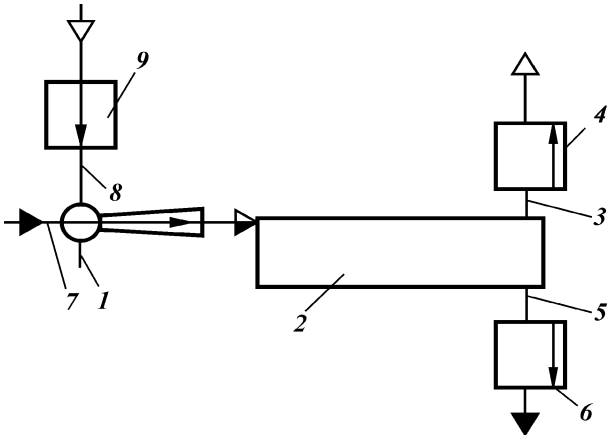


Рис. 10.3. Струйная установка:
1 – эжектор; *2* – сепаратор; магистрали: *3* – отвода газа потребителю, *5* – отвода жидкости из сепаратора, *7* – подвода высоконапорной жидкости к эжектору, *8* – подвода к эжектору пассивной среды; *4, 6, 9* – запорный орган

Литература

Авторское свидетельство № 1343119, БИ № 37, 1987 (Авторы: Е.П. Запорожец, Л.М. Мильштейн, Г.К. Зиберт).

10.4. СПОСОБ СОЗДАНИЯ ВАКУУМА

Краткое описание

Предложенный способ создания вакуума относится к струйной технике. Он может быть реализован, например, при регенерации абсорбента (диэтиленгликоля), которую производят под вакуумом. Жидкость, например, воду разгоняют до скорости 80 м/с, при которой статическое давление жидкости равно давлению упругости ее паров $2 \cdot 10^3$ МПа, что приводит к преобразованию жидкости в парожидкостную смесь. Скорость парожидкостной смеси при ее разгоне поддерживают равной скорости звука в парожидкостной смеси или превышающей ее. Для описываемого примера парожидкостную смесь разгоняют до скорости 100 м/с; откачиваемую газообразную среду подводят к парожидкостной смеси в зоне ее течения со скоростью звука. Над регенерируемым абсорбентом достигается давление $2{,}5 \cdot 10^3$ МПа.

Эффективность

Повышение экономичности способа создания вакуума достигается путем преобразования жидкости в парожидкостную смесь разгоном жидкости.

Разработчик

ВНИПИГазпереработка, г. Краснодар.

Литература

Авторское свидетельство № 1196536, БИ № 10, 1996 (Авторы: Е.П. Запорожец, Л.М. Мильштейн, С.И. Бойко, А.И. Михеев).

10.5. СТРУЙНАЯ УСТАНОВКА

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к струйным установкам, предназначенным для сжатия низконапорных газов высоконапорной жидкостью в системах сбора, подготовки и переработки нефти и природного газа.

На рис. 10.4 представлена струйная установка.

Струйная установка содержит эжектор *1*, соединенный с сепаратором *2*, магистраль отвода сжатого газа *3* с запорным органом *4*, магистраль *5* отвода жидкости из сепаратора *2* с запорным органом *6*, магистраль *7* подвода высоконапорной жидкости в эжектор *1* и магистраль *8* подвода низконапорного газа с запорным органом *9*. В магистралях подвода низконапорного газа *8* и отвода сжатого газа *3* запорные органы *9* и *4* выполнены в виде обратных клапанов, в каждом из которых седло *10* закреплено на оси *11* с возможностью вращения; при этом в нормальном состоянии седло *10* перекрывает проходное отверстие *12*. В магистрали отвода жидкости *5* запорный орган *6* выполнен в виде поплавкового клапана *13* с соосно подсоединенным вертикальным цилиндром *14*, в котором расположен поршень *15* со штоком *16*, причем полость *17* над поршнем сообщена через эжекторный патрубок *18* с магистралью отвода жидкости *5*, а полость *19* под поршнем *15* сообщена с помощью импульсного трубопровода *20* и регулирующего вентиля *21* с поплавковым клапаном *22*, установленным в верхней части сепаратора *2* на входе в магистраль отвода сжатого газа *3*.

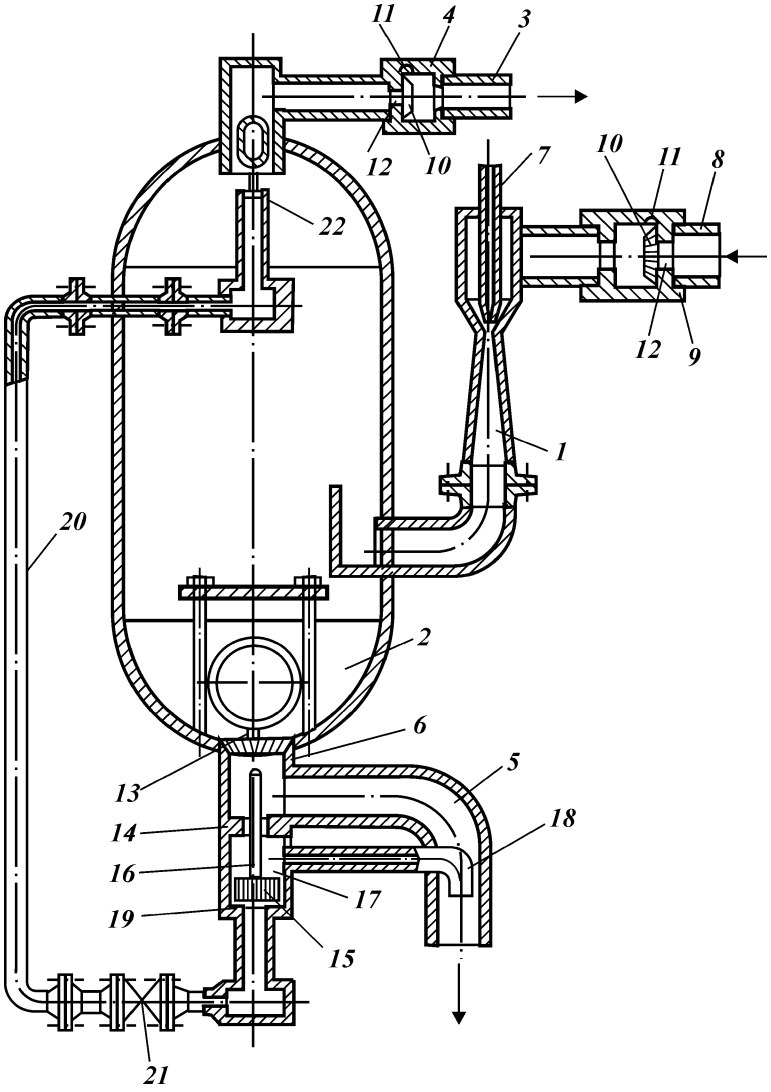


Рис. 10.4. Струйная установка:
1 – эжектор; *2* – сепаратор; линии: *3* – отвода сжатого газа, *5* – отвода жидкости, *7* – подвода высоконапорной жидкости, *8* – подвода низконапорного газа; *4, 6, 9* – запорный орган; *10* – седло; *11* – ось; *12* – проходное отверстие; *13, 22* – поплавковый клапан; *14* – вертикальный цилиндр; *15* – поршень; *16* – шток; *17* – полость над поршнем; *18* – патрубок; *19* – полость под поршнем; *20* – импульсный трубопровод; *21* – вентиль

Струйная установка работает следующим образом.

В исходном состоянии запорные органы *4, 6, 9* и поплавковый клапан *22* закрыты, поршень *15* в цилиндре *14* находится в крайнем нижнем положении, регулирующий вентиль *21* открыт.

По магистрали *7* в эжектор *1* подается высоконапорная жидкость. Под действием высоконапорной жидкости в приемной камере эжектора *1* создается разрежение, под действием которого седло *10* открывает проходное отверстие *12* обратного клапана *9*, и происходит приток низконапорного газа из магистрали *8* в эжектор *1*. В эжекторе *1* высоконапорная жидкость взаимодействует с газом, передает ему свою энергию. Полученная в результате этого газожидкостная смесь под давлением поступает в сепаратор *2*.

Газожидкостная смесь в сепараторе *2* разделяется на предварительно сжатый газ и жидкость. Жидкость скапливается в нижней части сепаратора *2*, а сжатый газ – в его верхней части. Поплавковый клапан *13* находится в закрытом состоянии, которое обеспечивается действием разности давлений в сепараторе *2* и магистрали отвода жидкости *5* (большего внутри сепаратора *2* и меньшего в магистрали отвода жидкости *5*). Газожидкостная смесь поступает в сепаратор *2* до достижения в последнем давления, при котором прекращается процесс эжектирования газа жидкостью. С прекращением процесса эжекции седло *10* обратного клапана *9* перекрывает проходное отверстие *12*, и низконапорный газ в сепаратор *2* из магистрали *8* перестает поступать. Высоконапорная жидкость из магистрали *7*, проходя эжектор *1*, наполняет сепаратор *2* и дополнительно сжимает газ. Давление сжатого газа перемещает седло *10* и открывает проходное отверстие *12* обратного клапана *4*. Сжатый газ, вытесняемый жидкостью из сепаратора *2*, поступает через проходное отверстие *12* обратного клапана *4* в магистраль отвода сжатого газа *3*.

Вытесняя сжатый газ из сепаратора *2*, уровень жидкости достигает его верхней части, в которой расположен поплавковый клапан *22*. Под действием жидкости поплавок клапана всплывает и открывает отверстие импульсного трубопровода *20*. Часть жидкости под давлением проходит импульсный трубопровод *20*, регулируемый вентиль *21* и попадает в полость *19* под поршнем *15*. Поршень *15* под действием разности давлений в полостях *19* и *17* поднимается и штоком *16* перемещает поплавковый клапан *13*, открывая проход жидкости из сепаратора *2* в магистраль отвода жидкости *5*. За время подъема поршня *15* жидкость полностью вытесняет сжатый газ из сепарато-

ра *2* в магистраль отвода сжатого газа *3*. Время подъема поршня *15* устанавливается с помощью регулирующего вентиля *21*.

Жидкость сливается из сепаратора *2* в магистраль отвода жидкости *5*. При сливе жидкости в сепараторе *2* понижается давление. Под действием разности давлений в сепараторе *2* и магистрали отвода жидкости *3* седло *10* перекрывает отверстие *12* обратного клапана *4*, установленного в магистрали отвода сжатого газа *3*. Сливающаяся жидкость эжектирует среду по патрубку *18* из полости *17* над поршнем *15*, создавая в последнем разрежение и удерживая тем самым поршень *15* в верхнем положении и предотвращая самопроизвольное закрытие поплавкового клапана *13*.

Во время слива, как уже указывалось выше, в сепараторе *2* понижается давление, вновь происходит процесс эжекции газа высоконапорной жидкостью, подача газожидкостной смеси эжектором *1* в сепаратор *2*, разделение в последнем газожидкостной смеси. При этом расход сливаемой жидкости превышает количество жидкости, поступающей в сепаратор, и уровень ее в сепараторе понижается. Во время опорожнения сепаратора *2* клапан поплавковый *22* закрыт и жидкость не поступает по импульсному трубопроводу *20*; поршень *15* со штоком *16* опускается за счет перетока оставшейся жидкости из полости *19* в полость *17* по зазору между поршнем *15* и стенкой цилиндра *14*.

После удаления жидкости из сепаратора клапан поплавковый *13* перекрывает входное отверстие магистрали отвода жидкости *5* и сжатие газа по описанному выше циклу повторяется.

Эффективность

Предложенное техническое решение обеспечивает автономную работу струйной установки путем использования энергии потоков жидкости и газа.

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2140580, 1999 (Авторы: Г.К. Зиберт, Е.П. Запорожец, Б.П. Шулекин).

Раздел 11

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

11.1. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА

Краткое описание

Предложенный способ получения углеродного материала относится к переработке углеводородного сырья с получением из него углерода, который применяется в промышленности в качестве раскислителя высококачественных стальных расплавов, для электродных и пластических масс резинотехнических и лакокрасочных изделий (рис. 11.1).

Часть углеводородного сырья – природный газ, состоящий из CH_4, C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10}, C_5H_{12}, C_6H_{14}, C_7H_{16}, C_8H_{18}, C_9H_{20}, $C_{10}H_{22}$, $C_{11}H_{24}$, N_2, CO_2, подают в пароэлектрогенератор *1*, в котором производится из тепла сжигаемого сырья электроэнергия. Разрядом в плазмотроне *2* создают плазму. В плазмотрон *2* подают другую часть углеводородного сырья, которая в плазме электрического разряда разлагается на твердую фазу углеродного материала и газовую фазу, состоящую из водорода. Полученную газовую фазу подают на сжигание в пароэлектрогенератор *1*, при этом ее смешивают в эжекторной горелке *4* с углеводородным сырьем. Из плазмотрона *2* твердую фазу полученного углеродного материала периодически удаляют в сепаратор-накопитель *5*.

Эффективность

Предложенный способ получения углеродного материала позволяет улучшить экологию и увеличить производительность процесса.

Смешивание при сжигании углеводородного сырья с газовой фазой, полученной в процессе пиролиза, приводит:

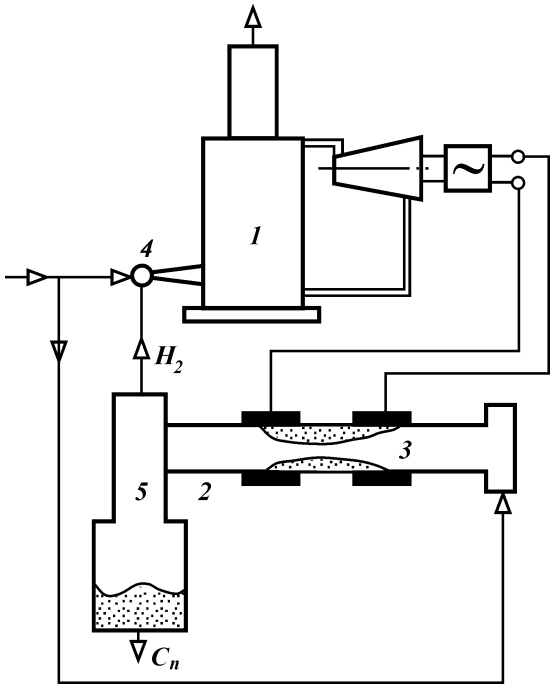


Рис. 11.1. Схема получения углеродного материала:
1 – пароэлектрогенератор; *2* – плазмотрон; *3* – твердая фаза; *4* – эжекторная горелка; *5* – сепаратор-накопитель

к повышению общей теплотворной способности сжигаемого топлива за счет того, что газовая фаза состоит из водорода, у которого низкая теплотворная способность составляет 119 622 кДж/кг, что в 2,4 раза больше теплотворной способности углеводородного сырья. Это приводит к уменьшению количества сжигаемого сырья и его общего количества, т.е. приводит к повышению производительности;

к повышению эффективности процесса сжигания топлива. Увеличивается начальная температура сжигаемого топлива за счет того, что газовая фаза имеет температуру примерно 1100–1300 °С и приводит к уменьшению количества сжигаемого сырья и общего количества сырья, т.е. увеличивает производительность;

к уменьшению общего количества углеводородного сырья, затрачиваемого на получение углеродного материала, за счет уменьшения доли сжигаемого углеводородного сырья, т.е. повышается производительность;

к уменьшению количества сбрасываемых вредных продуктов сгорания в атмосферу за счет уменьшения доли сжигаемого углеводородного сырья, а сгорание газовой фазы, состоящей из

водорода, повышает долю паров воды в продуктах сгорания и, как следствие, уменьшает в этих продуктах концентрации диоксида углерода CO_2 и других веществ, загрязняющих атмосферу.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2075437, БИ № 8, 1997 (Авторы: Е.П. Запорожец, Г.К. Зиберт, Е.Е. Запорожец, Б.П. Шулекин).

Раздел 12

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

12.1. СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ УГЛЕВОДОРОДОВ

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к способам очистки почвы от углеводородов (нефти, газового конденсата, машинного масла, бензина и пр.).

В предложенном способе очистки почвы в качестве жидкости-носителя используют воду, pH которой изменяют до 9, воздействуя на нее кавитацией, или до 5,5 – нагревом.

Предложенный способ очистки почвы осуществляется следующим образом.

Вследствие действия кавитации молекулы воды диссоциируют на ионы H^+ и OH^-, накапливаются в воде, повышая ее pH. На рис. 12.1 представлен график изменения pH дистиллированной и пресной воды, взятой из различных источников *2* и *3*, в зависимости от времени действия кавитации. Вода с повышенной pH обладает большой поверхностной активностью и имеет высокие моющие свойства.

Такая вода при контакте с углеродами:

разрушает вязкую поверхностную пленку углеводородов и интенсивно вымывает их из почвы;

повышает динамику смешивания вымываемых углеводородов с собой и образует эмульсию, которая имеет небольшое гидравлическое и невысокое электрическое сопротивления.

Указанные свойства под действием электроосмотического эффекта увеличивают подвижность в почве образовавшейся жидкой системы (эмульсии), что в конечном итоге приводит к уменьшению напряжения между электродами до 60 В и затрат электроэнергии и, как следствие, к повышению эффективности способа очистки почвы.

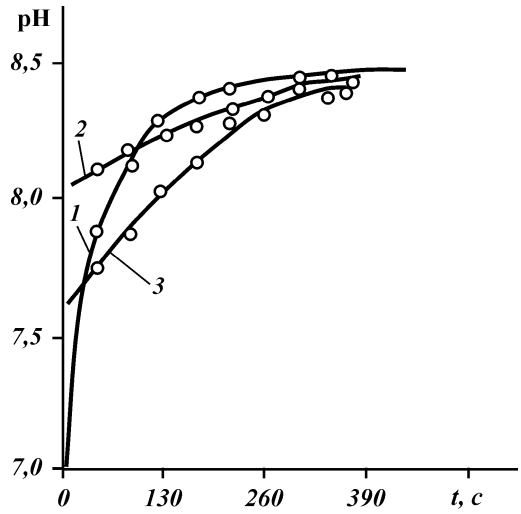


Рис. 12.1. Зависимость pH дистиллированной и пресной воды от времени действия кавитации

При нагреве воды снижается ее pH и в связи с этим увеличивается ее электропроводность. На рис. 12.2 приведен график зависимости pH воды от ее температуры. С понижением pH воды повышается растворимость в ней углеводородов.

Такая вода при контакте с углеводородами:

уменьшает их поверхностное натяжение и вязкость;

образует подвижную электропроводную эмульсию.

Указанные свойства интенсифицируют совместное движение воды с углеводородами в почве под действием электроосмотического эффекта от центрального электрода к периферийным, что, как следствие, приводит к снижению напряжения между электродами до 60 В и уменьшению затрат электроэнергии и увеличивает эффективность способа очистки почвы от углеводородов. Предложенный способ очистки почвы от углеводородов по своей интенсивности аналогичен способам очистки почвы с помощью химических реагентов типа ПАВ с pH = 9 и кислот с pH = 5,5. Однако данный способ экологически чист, не требует дополнительных затрат на химические реагенты и на их нейтрализацию.

Способ может быть реализован с помощью установки, изображенной на рис. 12.3. Установка состоит из погружаемых в почву на очищаемом участке *1* центрального *2* и периферийных *3* электродов, форсунки *4* для подачи воды, насоса *5*, служащего для удаления из периферийных электродов воды с углеводородами, сепаратора *6*, служащего для разделения воды

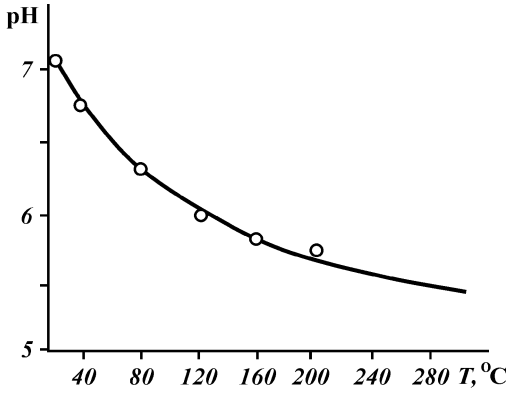


Рис. 12.2. Зависимость pH воды от ее температуры

и углеводородов, емкости *7* с соплом Вентури *8* и нагревателем *9*, насоса *10* для нагнетания воды в форсунки *4* и сопло Вентури *8*. Сепаратор *6* и емкость *7* соединены трубопроводом по воде с обратным клапаном *11*. Емкость *7* дополнительно соединена с форсункой *4* высоконапорным трубопроводом *12* подачи воды с pH = 5,5.

Установка работает следующим образом.

Воду с температурой 17 °С, имеющую pH = 7,4, подают насосом *10* из емкости *7* в сопло Вентури *8* со скоростью 30 м/с. Давление воды, протекающей по диффузору сопла Вентури *8* снижается до $2 \cdot 10^3$ Па. При этом происходит кавитация воды. Кавитированная жидкость поступает вновь в емкость *7*. Обработка таким образом кавитацией воды ведется на протяжении 520 с, после чего вода в емкости имеет pH = 9. Полученную поверхностно-активную воду насосом *10* подают через форсунку *4* в область, примыкающую к центральному электроду *2*. Между центральным и периферийными электродами создают градиент напряжения 60 В. Поверхностно-активная вода с pH = 9 под действием электроосмотического эффекта перемещается от центрального электрода *2* к периферийным *3*. При этом она контактирует с углеводородами, загрязняющими почву, разрушает их поверхностную пленку и интенсивно вымывает из почвы. Поверхностно-активная вода с pH = 9 с углеводородами образует эмульсию, которая поступает в периферийные электроды *3*, откуда она удаляется насосом *5* и подается в сепаратор *6*. В сепараторе *6* эмульсию разделяют на воду, располагающуюся внизу, и углеводороды, располагающиеся в верху сепаратора *6*. Отделившиеся углеводороды направляются в накопительные цистерны. Описанный цикл повторяется до

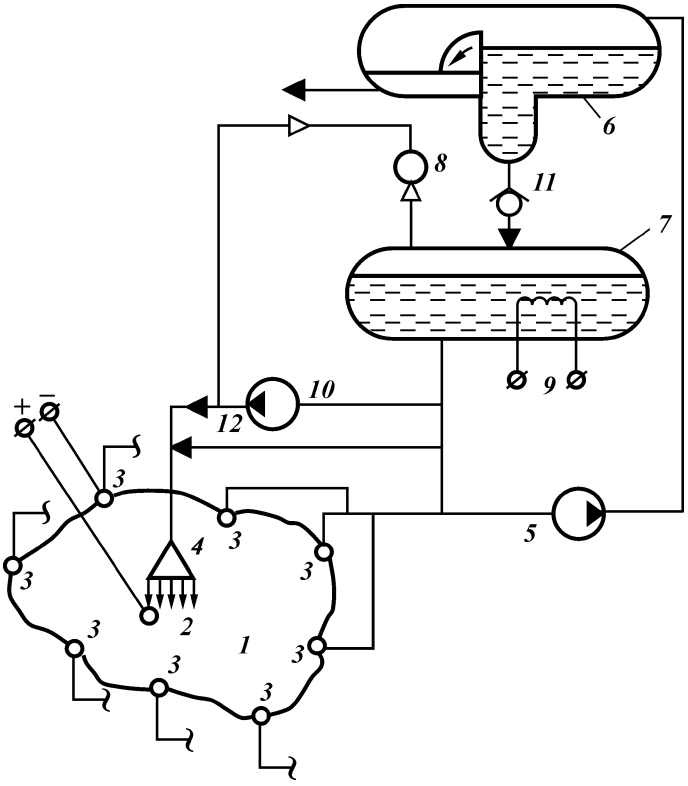


Рис. 12.3. Технологическая схема установки очистки почвы от углеводородов:
1 – очищаемый участок; *2, 3* – периферийные электроды; *4* – форсунки для подачи воды; *5* – насос; *6* – сепаратор; *7* – емкости; *8* – сопло Вентури; *9* – нагреватель; *10* – насос

полного удаления углеводородов из почвы. Процесс очистки почвы поверхностно-активной водой, полученной с помощью кавитации, энергетически выгоден при температурах почвы выше 0 °С.

В случае очистки почвы с температурой ниже 0 °С от углеводородов данным способом применяется вода с pH = 5,5, которая получается при нагреве до 240 °С в емкости *7* с помощью нагревателя *9*. При нагреве воды в емкости *7* поднимается давление до 3,5 МПа. Под этим давлением вода с pH = 5,5 подается, минуя насос *10*, по трубопроводу *12* через форсунку *4* на обрабатываемый участок *1*. Дальнейший процесс очистки почвы от углеводородов выполняется аналогично процессу, описанному выше.

Эффективность

Предложенное техническое решение позволяет повысить эффективность очистки почвы от углеводородов путем ускорения перемещения жидкости-носителя и снижения градиента напряжения на электродах. Данный способ экологически чист.

Разработчик

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

Литература

Патент РФ № 2132757, 1999 (Авторы: Е.П. Запорожец, Г.К. Зиберт, А.Н. Кульков, Е.Е. Запорожец, Е.М. Хейккинен, Б.П. Шулекин).

Раздел 13

ФИЛЬТРАЦИЯ

3.1. ФИЛЬТР ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к устройствам для очистки атмосферного воздуха от пыли, снега и кристаллов льда и может найти применение в стационарных газотурбинных установках, например, на компрессорных станциях магистральных трубопроводов.

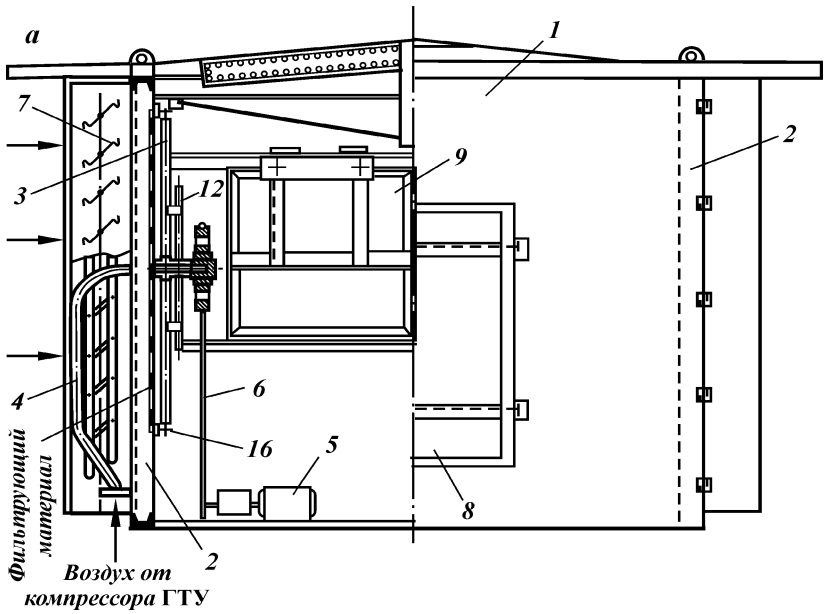
На рис. 13.1 изображен фильтр: его общий вид, регенерирующее устройство, разрез и разрезы по *А-А* и *Б-Б*.

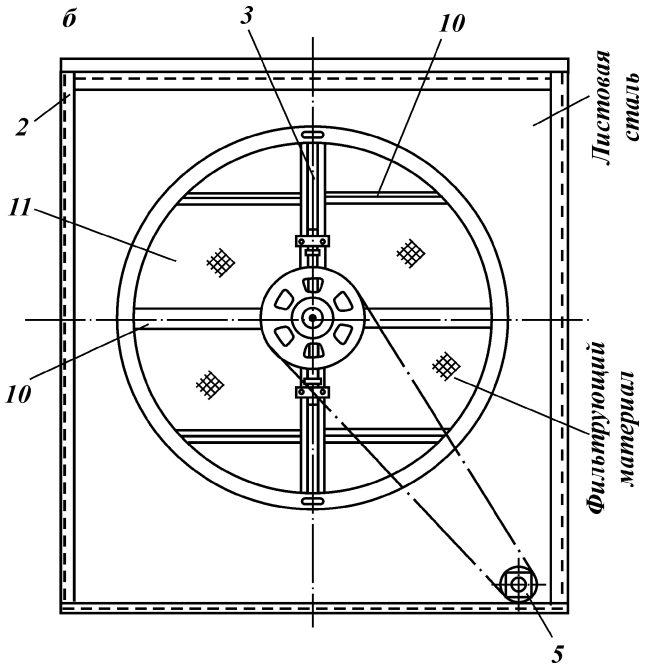
В камере *1* установлены два фильтра *2*, снабженные подвижным регенерирующим устройством *3* для очистки фильтров, которое трубопроводом *4* соединено с компрессором ГТУ (на фигурах не показан). Регенерирующее устройство приводится во вращение электродвигателем *5* с помощью ременной передачи *6*. Камера *1* снабжена воздухозаборными поворотными жалюзями *7*, дверью *8* для поступления в камеру и аварийными байпасными клапанами *9*, автоматически открывающимися при недопустимом увеличении разрежения в камере.

Фильтр содержит каркас *10* с фильтрующим материалом (металлическая сетка с диаметром ячейки 50 мк). Края каркаса закрыты листовой сталью с вырезанным в ней круглыми отверстием, перекрытым металлической сеткой.

Регенерирующее устройство снабжено полым валом *11* с водилом *12*, приводящим во вращение трубу *13* с узкой щелью (на фигурах не показана) вдоль образующей со стороны фильтрующей сетки. Вращающаяся труба разделена валом *11* на две части, каждая из которых соединена с водилом шарниром *15* и снабжена роликом *16* для опоры и качения по плоскости фильтрующей поверхности. Равномерное поджатие трубы к фильтру обеспечивается пружинами *17*.

Фильтр работает следующим образом.


а
1
2
3
4
5
6
7
8
9
12
16
Фильтрующий материал
Воздух от компрессора ГТУ


б
2
3
5
10
11
Листовая сталь
Фильтрующий материал

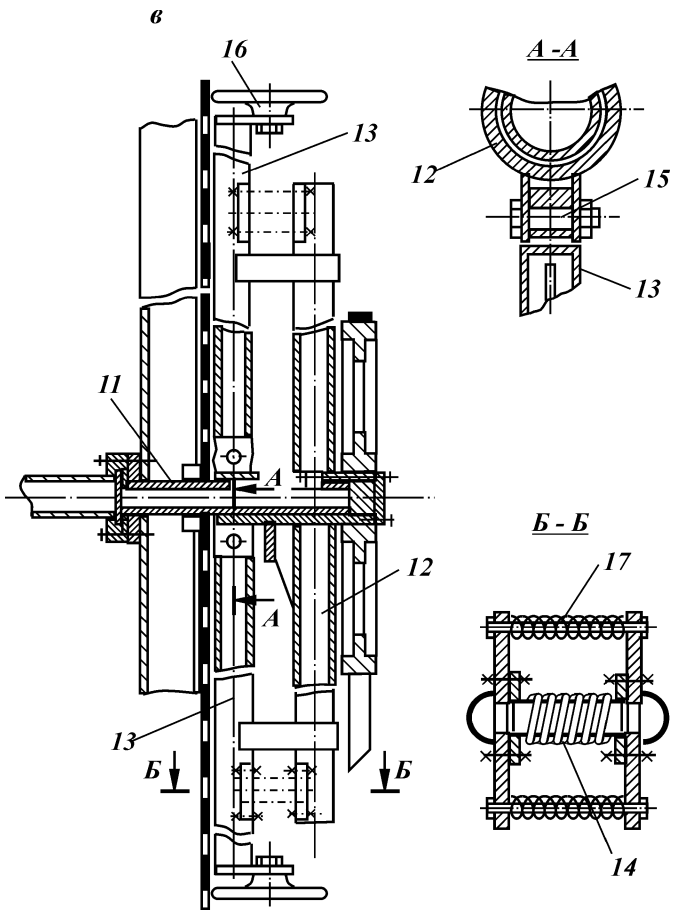


Рис. 13.1. Фильтр для очистки воздуха:
а – общий вид, *б* – вид сборку; *в* – регенерирующее устройство, разрез и разрезы по *А–А* и *Б–Б*.
1 – камера; *2* – фильтры; *3* – регенерирующее устройство; *4* – трубопровод; *5* – электродвигатель; *6* – ременная передача; *7* – жалюзи; *8* – дверь; *9* – аварийные байпасные клапаны; *10* – каркас; *11* – вал; *12* – водило; *13* – труба с узкой щелью; *14* – сильфон; *15* – шарнир; *16* – ролик; *17* – пружины

В процессе эксплуатации фильтра, пока фильтрующая сетка не загрязнена, электродвигатель обесточен и трубопровод подачи сжатого воздуха перекрыт. По мере загрязнения фильтра перепад давления возрастает и автоматически от датчика замера перепада давления подается сигнал на включение двигателя и одновременно на подачу сжатого воздуха к регенери-

рующему устройству. Сжатый воздух из компрессора ГТУ по трубопроводу через водило и сильфоны поступает в трубу *13*, вращающуюся в плоскости, параллельной фильтрующей поверхности, и продувает фильтрующий материал, очищая его от загрязнений. Процесс очистки длится до тех пор, пока перепад давления не снизится до допускаемого уровня. Затем от датчика подается сигнал на отключение двигателя и перекрытие трубопровода подачи воздуха.

Эффективность

Предложенное техническое решение позволяет упростить конструкцию и повысить надежность фильтра за счет того, что вращающаяся труба разделена валом на две части, каждая из которых соединена с валом шарниром и снабжена роликом.

Техническое решение использовано в промышленности.

Разработчик

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

Литература

Авторское свидетельство № 405564, БИ № 45, 1973 (Авторы: А.Е. Акав, Г.К. Зиберт, Б.С. Язвенко, В.К. Суринович).