

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 021836

(13) В1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента

2015.09.30

(51) Int. Cl. F25J 3/00 (2006.01)

(21) Номер заявки

201201013

(22) Дата подачи заявки

2010.12.29

(54) СПОСОБ СЕПАРАЦИИ ГАЗОВОГО ПОТОКА

(31) 61/295,119; 12/979,563

(56) US-A1-20090100862

(32) 2010.01.14; 2010.12.28

US-A1-20090282865

(33) US

(43) 2012.12.28

(86) PCT/US2010/062402

(87) WO 2011/087884 2011.07.21

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

ОРТЛОФФ ИНДЖИНИРС, ЛТД. (US)

(72) Изобретатели:

Пирс Майкл С., Уилкинсон Джон Д.,
Хадсон Хэнк М. (US)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

021836

В1

(57) Описываются процесс и оборудование для переработки этана, этилена и более тяжелых углеводородных компонентов из потока углеводородного газа. Поток охлаждается, расширяется при более низком давлении и подается в первую ректификационную колонну, в среднюю ее секцию. Жидкий дистиллированный поток отводится из первой ректификационной колонны ниже точки ввода расширенного потока, нагревается и направляется во вторую ректификационную колонну, в которой поток разделяется на поток шлемовых паров и жидкого кубового потока. Поток шлемовых паров охлаждается до его конденсации, при этом часть конденсированного потока направляется в верхнюю секцию второй ректификационной колонны в качестве сырья, а остаток направляется в нижнюю секцию первой ректификационной колонны, в нижней ее точке. Жидкий кубовой поток из второй ректификационной колонны охлаждается и в качестве сырья направляется в верхнюю часть первой ректификационной колонны.

B1

021836

Уровень техники

Настоящее изобретение относится к способу сепарации углеводородсодержащего газового потока, в котором отмечается значительное количество компонентов, более летучих, чем метан (например, водород, азот и т.д.); в потоке они присутствуют в двух фракциях: первая фракция преимущественно содержит метан и более летучие компоненты, а вторая фракция содержит выделенный полезный этан/этилен и более тяжелые углеводородные компоненты.

Этилен, этан, пропилен, пропан и/или более тяжелые углеводороды могут извлекаться из различных газов, например из природного, нефтезаводского и синтезированного газа, полученного при переработке других углеводородных материалов, таких как уголь, сырая нефть, бензинолигроиновая фракция, горючие сланцы, нефтеносные пески и бурый уголь. Углеводородсодержащий газ обычно содержит компоненты, более летучие, чем метан (например, водород, азот и т.д.), а зачастую - ненасыщенные углеводороды (например, этилен, пропилен и т.д.), а также ароматические углеводороды (например, бензол, толуол и т.д.), помимо метана, этана и углеводородов с более высокой молекулярной массой, таких как пропан, бутан и пентан. Также иногда отмечается присутствие серосодержащих газов и двуокиси углерода.

В настоящем изобретении в основном рассматривается способ сепарации этилена, этана и более тяжелых (C_2+) углеводородов из таких газовых потоков. Вследствие изменения спроса на этилен в последнее время расширились рынки сбыта этилена и производных продуктов. Кроме того, изменения цен как на природный газ, так и на его газоконденсатные (NGL) компоненты определяют повышение стоимости этана и более тяжелых компонентов в качестве жидкого продукта. Данные рыночные условия способствовали потребности в технологических способах, которые могут обеспечить высокую степень сепарации этилена и этана, а также более эффективную сепарацию всех данных продуктов. К уже известным способам сепарации данных материалов относятся способы, в основе которых лежит охлаждение и сжижение газа, абсорбция масла и абсорбция охлажденного масла. Кроме того, популярность приобрели криогенные способы, благодаря наличию экономичного оборудования, вырабатывающего электроэнергию путем направления газа в детандер и одновременно отводящего тепло от перерабатываемого газа. В зависимости от давления источника подачи газа, насыщенности газа (этаном, этиленом и более тяжелыми углеводородными составляющими), а также от нужного конечного продукта, может применяться любой из этих способов или их сочетание. На сегодняшний день для газоотдачи природного газоконденсата в основном предпочтение отдается способу криогенного расширения, так как он сочетает в себе максимальную простоту, легкость ввода в эксплуатацию, эксплуатационную гибкость, высокую эффективность, безопасность и высокую надежность. В патентах США 3292380; 4061481; 4140504; 4157904; 4171964; 4185978; 4251249; 4278457; 4519824; 4617039; 4687499; 4689063; 4690702; 4854955; 4869740; 4889545; 5275005; 5555748; 5566554; 5568737; 5771712; 5799507; 5881569; 5890378; 5983664; 6182469; 6578379; 6712880; 6915662; 7191617; 7219513; переизданном патенте США № 33408; а также в одновременно находящихся на рассмотрении заявках под номерами 11/430412; 11/839693; 11/971491; 12/206230; 12/689616; 12/717394; 12/750862; 12/772472; 12/781259; 12/868993; 12/869007 и 12/869139 приводится описание соответствующих способов (хотя в описании настоящего изобретения в некоторых случаях используются режимы переработки, отличные от тех, которые описаны в указанных патентах США и заявках).

В типовом способе криогенного расширения поток сырьевого газа, подаваемый под давлением, охлаждается путем теплообмена с другими технологическими потоками и/или с внешними источниками охлаждения, такими как система компрессионного охлаждения пропана. По мере охлаждения газа в одном или более сепараторов происходит конденсация и сбор конденсата, так как конденсат под высоким давлением содержит некоторое количество необходимых компонентов C_2+ . В зависимости от насыщенности газа и количества полученного конденсата, конденсат под высоким давлением может быть подвергнут расширению при более низком давлении и разделению на фракции. Результатом испарения, которое происходит при расширении конденсата, является дальнейшее охлаждение рабочего потока. При определенных условиях может понадобиться предварительное охлаждение конденсата под высоким давлением перед его расширением с целью дальнейшего снижения температуры в результате расширения. Расширенный рабочий поток, состоящий из смеси конденсата и паров, разделяется на фракции в ректификационной колонне (деметанизаторе или деэтанизаторе). Внутри колонны охлаждаемый поток подвергается ректификации с целью сепарации остаточного метана, водорода, азота и других летучих газов в виде шлемовых паров от нужных компонентов C_2 , компонентов C_3 и более тяжелых углеводородных компонентов, которые отводятся снизу колонны в виде жидкого кубового продукта, либо с целью сепарации остаточного метана, компонентов C_2 , водорода, азота и других летучих газов в виде шлемовых паров от нужных компонентов C_3 и более тяжелых углеводородных компонентов, которые отводятся снизу колонны в виде жидкого кубового продукта.

При неполной конденсации сырьевого газа (обычно так и происходит) пары, остающиеся после неполной конденсации, можно пропустить через рабочий детандер или расширительный клапан в емкость с более низким давлением, где в результате дальнейшего охлаждения потока происходит дополнительная конденсация жидкости. Давление после расширения фактически равно давлению, под которым работает

ректификационная колонна. Паровая и жидкую фазы, полученные в результате расширения, подаются в колонну в качестве сырья.

В идеальных условиях при таком способе сепарации остаточный газ, покидающий установку, будет содержать практически весь метан и более летучие компоненты, которые были в сырьевом газе, при этом более тяжелые углеводороды и нижняя фракция отгонки, покидающие деметанизатор, будут содержать практически все тяжелые углеводороды, но не будут содержать метана или более летучих компонентов. На практике, однако, идеальные условия создать не удается, так как обычный деметанизатор в основном работает в качестве отпарной колонны. Метановый продукт, полученный на выходе техспособа, следовательно, обычно состоит из паров верхней зоны ректификации колонны, а также паров, не прошедших ректификации. Возникают значительные потери этилена и этана, так как жидкое сырье, подающееся в верхнюю часть колонны, содержит значительное количество компонентов C_2+ и более тяжелых углеводородных компонентов, в результате чего количество компонентов C_2+ содержится практически равно их количеству в паре, который выделяется в верхней зоне ректификации деметализатора. Данная проблема усугубляется, если обрабатываемые газовые потоки содержат относительно большие количества компонентов, более летучих, чем метан (например, водород, азот и т.д.), так как пары летучих газов, поднимаясь по колонне, освобождают компоненты C_2+ из жидкого конденсата, стекающего вниз. Потери данных необходимых компонентов C_2+ можно значительно сократить, если бы пары, поднимающиеся из зоны ректификации, входили в контакт с достаточным количеством конденсата (из потока флегмы), способного поглощать компоненты C_2+ из пара.

Разработано несколько технологических способов, где холодный конденсат, в основном состоящий из метана, используется в качестве потока флегмы, который контактирует сарами, поднимающимися из зоны ректификации ректификационной колонны. Типовые схемы такого способа описываются в патентах США под номерами 4889545; 5568737 и 5881569, а также в докладе Моури, Е. Росс "Эффективная сепарация жидкостей из природного газа с применением абсорбера высокого давления", который был представлен на восемьдесят первой ежегодной конференции Ассоциации переработчиков газа в Далласе, Техас, 11-13 марта 2002 г. К сожалению, чтобы создать движущую силу для рециркуляции потока флегмы в деметализаторе, в данных способах необходимо применение компрессора, что увеличивает как капитальные затраты, так и стоимость эксплуатации установок, в которых применяются данные способы. Кроме того, поток холодной метановой флегмы приводит к снижению температуры в ректификационной колонне до -112°F [-80°C] и ниже. Многие газовые потоки такого типа иногда содержат значительное количество оксидов азота (NO_x), которые могут накапливаться в холодных секциях технологической установки в виде осадка NO_x (обычно еще называемого "синий лед") при более низких температурах. При нагревании "синий лед" может стать взрывоопасным, установлено, что он являлся причиной нескольких случаев воспламенения и/или взрыва технологических установок.

Также были разработаны другие способы, в которых для орошения ректификационной колонны применяется поток тяжелых углеводородов (обычно $\text{C}_4\text{-C}_{10}$). Примеры способов данного типа приводятся в патентах США под номерами 4318723; 5546764; 7273542 и 7714180. В то время как данные способы обычно протекают при температурах, достаточно высоких, чтобы избежать проблем, связанных с образованием "синего льда", абсорбирующий поток обычно выделяется из потока отгонки ректификационной колонны, в результате чего все ароматические углеводороды, присутствующие в сырьевом газе, концентрируются в ректификационной колонне. Ароматические углеводороды, такие как бензол, могут замерзать до твердого состояния при нормальных температурах технологической обработки, что часто приводит к повреждению технологической установки.

В соответствии с настоящим изобретением было установлено, что возможно достижение уровня выделения этана более 88%, при этом нет необходимости поддерживать температуру ниже -112°F [-80°C]. Настоящее изобретение, в частности, предпочтительно при обработке сырьевого газа, содержащего более 10% молярного объема компонентов, более летучих, чем метан.

Для облегчения понимания сути настоящего изобретения в описании приводятся следующие чертежи и примеры.

Ссылки на чертежи.

Фиг. 1 - блок-схема установки переработки газа, выполненной в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг. 2 - блок-схемы, иллюстрирующие альтернативные способы применения настоящего изобретения для обработки потока газа.

В последующем описании вышеуказанных фигур приводятся таблицы с итоговыми данными о расходе газа, рассчитанном для типовых режимов переработки. В таблицах, приведенных в данном документе, значение расхода газа (моль в час) округлено до ближайшего целого числа для удобства восприятия. Значения общего расхода, приведенные в таблицах, учитывают все неуглеводородные компоненты, а, следовательно, больше суммы расхода углеводородных компонентов. Указанные в таблицах значения температуры являются приблизительными, округленными до ближайшего градуса. Следует также отметить, что расчеты технологических схем с целью сравнения эффективности отображенных на рисунках техспособов основаны на предположении, что между окружающей средой и способом отсутствует утеч-

ка тепла (в обоих направлениях). Качество изолирующих материалов, представленных на рынке, позволяет считать такое предположение обоснованным, и специалисты с соответствующим уровнем технической подготовки обычно используют его в своих расчетах.

Для облегчения восприятия технологические параметры указаны как в традиционных британских единицах измерения, так и в единицах измерения Международной системы единиц (СИ). Молярный расход газа, указанный в таблицах, может выражаться либо как фунт-моль в час, либо как килограмм-моль в час. Потребляемая энергия, выраженная в лошадиных силах (л.с.) и/или в тысячах британских тепловых единиц в час (МБТЕ/ч), соответствует указанному молярному расходу, выраженному в фунт-молях в час. Потребляемая энергия, выраженная в киловаттах (кВт), соответствует указанному молярному потоку, выраженному в килограмм-молях в час.

Подробное описание изобретения

На фиг. 1 приводится блок-схема техспособа в соответствии с настоящим изобретением.

При моделировании способа в соответствии с фиг. 1 входящий газ поступает в установку при температуре 100°F [38°C] и давлении 77 фунт/кв.дюйм [531 кПа(а)] в виде потока 51. Если входящий газ содержит сернистые соединения и/или двуокись углерода в концентрации, нарушающей требования к составу рабочего потока, они удаляются из входящего газа с помощью соответствующей установки предварительной обработки (на схеме не показана).

Перед обработкой входящий газ в три этапа сжимается до более высокого давления (компрессоры 10 и 15 приводятся в действие за счет внешнего источника энергии, а компрессор 13 приводится в действие рабочим детандером 14). Выпусканые охладители 11 и 16 применяются для охлаждения газа между этапами, а сепараторы 12 и 17 служат для удаления воды и других жидкостей, которые конденсируются в газовом потоке по мере его охлаждения. Охлажденный сжатый газовый поток 54, покидающий сепаратор 17, подвергается дегидрации в дегидрационной установке 18 с целью предотвращения образования гидратов (льда) при режимах криогенной обработки. С этой целью обычно применяется твердый адсорбент.

Дегидрированный газовый поток 61 при температуре 100°F [38°C] и давлении 560 фунт/кв.дюйм [3859 кПа(а)] поступает в теплообменник 20 и охлаждается за счет теплового обмена с холодным остаточным газом (поток 68а), жидким продуктом с температурой 28°F [-2°C] (поток 71а), жидким конденсатом ребайлера деметализатора с температурой 13°F [-11°C] (поток 70) и потоком холодильного пропанового агента. Следует отметить, что во всех случаях теплообменник 20 представляет собой либо несколько отдельных теплообменников, либо один многоходовой теплообменник, возможна также комбинация обоих вариантов (решение о применении более одного теплообменника для описанных задач охлаждения зависит от нескольких факторов, включая, в частности, скорость потока входящего газа, объем теплообменника, температуры потоков и т.д.). Охлажденный поток 61а поступает в сепаратор 21 при температуре 40°F [4°C] и давлении 550 фунт/кв.дюйм [3790 кПа(а)], где пар (поток 62) отделяется от жидкого конденсата (поток 63). Отделенный конденсат (поток 63) расширяется до рабочего давления (приблизительно 175 фунт/кв.дюйм [1207 кПа(а)]) ректификационной колонны 28 посредством расширительного клапана 22, при этом поток 63а охлаждается до 16°F [-9°C] перед его подачей в ректификационную колонну 28 в нижней ее точке.

Пар (поток 62) из сепаратора 21 подвергается дальнейшему охлаждению в теплообменнике 23 за счет теплового обмена с холодным остаточным газом (поток 68), побочным жидким конденсатом ребайлера деметализатора с температурой -10°F [-23°C] (поток 69), дросселированным конденсатом (поток 65а) и потоком холодильного пропанового агента. Охлажденный поток 62а поступает в сепаратор 24 при температуре -42°F [-41°C] и давлении 535 фунт/кв.дюйм [3686 кПа(а)], где пар (поток 64) отделяется от жидкого конденсата (поток 65). Отделенный конденсат (поток 65) расширяется до давления, немного превышающего рабочее давление колонны, посредством расширительного клапана 25, при этом поток 65а охлаждается до температуры -63°F [-53°C], а затем нагревается до -40°F [-40°C] в теплообменнике 23. Нагретый поток 65b затем подается в ректификационную колонну 28 в нижней точке ее средней секции.

Пар (поток 64) из сепаратора 24 поступает в рабочий детандер 14, где энергия этой части сырья, находящейся под высоким давлением, превращается в механическую. В детандере 14 пар подвергается изоэнтропическому расширению до рабочего давления колонны, при этом расширенный поток 64а охлаждается до температуры приблизительно -105°F [-76°C]. Типовые детандеры, представленные на рынке, позволяют выделить порядка 80-85% технологического сырья, теоретически доступного при идеальном изоэнтропическом расширении. Выделенная энергия часто применяется для приведения в движение центробежного компрессора (такого как элемент 13), который, к примеру, может применяться для сжатия входящего газа (поток 52). Частично конденсированный расширенный поток 64а затем в качестве сырья подается в ректификационную колонну 28 в верхней точке ее средней секции. Деметализатор в колонне 28 представляет собой обычную ректификационную колонну, в которой установлено несколько лотков с интервалами между ними, одну или более насадок, либо комбинация лотков и насадок. Колонна деметализации состоит из двух секций: верхней секции абсорбции (ректификации), где размещены лотки и/или насадки, обеспечивающие необходимый контакт между парообразной частью расширенного потока 64а, которая поднимается вверх, и охлажденным конденсатом, стекающим вниз, конденсируя и поглощая

компоненты C_2 , компоненты C_3 и более тяжелые компоненты, содержащиеся в поднимающемся вверх паре; и нижней отпарной (деметализационной) секции, где размещены лотки и/или насадки, обеспечивающие необходимый контакт между конденсатом, стекающим вниз, и парами, поднимающимися вверх. В секции деметализации также установлены один или несколько ребойлеров (такие как ребойлер и боковой ребойлер, описанные ранее), где производится нагрев и испарение конденсата, стекающего в нижнюю часть колонны, чтобы образовывать отбензиненные пары, поднимающиеся вверх колонны для отгонки жидкого продукта, поток 71, метана и более легких компонентов. Поток 64а поступает в деметализатор 28 в промежуточной точке подачи сырья, которая находится в нижней части секции абсорбции деметализатора 28. Жидкая составляющая расширенного потока смешивается с жидким конденсатом, стекающим вниз из секции абсорбции, и смешанный конденсат продолжает стекать в отпарную секцию деметализатора 28. Параобразная составляющая расширенного потока поднимается вверх, проходя через секцию абсорбции, где вступает в контакт с жидким конденсатом, стекающим вниз, для конденсации и абсорбции компонентов C_2 , компонентов C_3 и более тяжелых компонентов. Часть отгонного конденсата (поток 72) отводится из промежуточной части отпарной секции ректификационной колонны 28 ниже точки ввода расширенного потока 64а в нижней части секции абсорбции, но выше точки ввода расширенного потока конденсата 63а в отпарной секции. Отведение отгонного конденсата из этой точки позволяет получить поток конденсата, в основном состоящий из углеводородов C_2-C_5 , содержащий очень малое количество летучих компонентов (например, метана, водорода, азота и т.д.), а также малое количество ароматических и более тяжелых углеводородов. Данный поток отгонного пара 72 с помощью насоса 30 нагнетается до более высокого давления (поток 72а), а затем нагревается с температурой -25°F [-32°C] до 77°F [25°C] и частично испаряется в теплообменнике 31 за счет теплового обмена с горячим жидким кубовым потоком из колонны отгонки пропана 78. Нагретый поток 72b затем поступает в колонну отгонки пропана 32 (работающую под давлением 265 фунт/кв. фут [1828 кПа(а)]), в среднюю точку ввода сырья. Установка отгонки пропана в колонне 32 представляет собой обычную отгонную колонну, содержащую несколько лотков с зазорами между ними, одну или несколько насадок, либо же комбинацию лотков и насадок. Колонна отгонки пропана состоит из двух секций: верхней секции абсорбции (ректификации), где размещены лотки и/или насадки, обеспечивающие необходимый контакт между параобразной частью расширенного потока 72b, которая поднимается вверх, и охлажденным конденсатом, стекающим вниз, конденсируя и поглощая компоненты C_4 и более тяжелые компоненты; и нижней отпарной (пропаноотгонной) секции, где размещены лотки и/или насадки, обеспечивающие необходимый контакт между конденсатом, стекающим вниз, и парами, поднимающимися вверх. В секции отгонки пропана также установлены один или несколько ребойлеров (таких как ребойлер 33), где производится нагрев и испарение части конденсата, стекающего в нижнюю часть колонны, чтобы образовать отбензиненные пары, поднимающиеся вверх по колонне для отгонки жидкого продукта (поток 78) компонентов C_3 и более легких компонентов. Поток 72b поступает в колонну отгонки пропана 32 в промежуточной точке ввода сырья, которая находится между секцией абсорбции и отпарной секцией колонны отгонки пропана 32. Жидкая составляющая нагретого потока смешивается с жидким конденсатом, стекающим вниз из секции абсорбции, и смешанный конденсат продолжает стекать вниз в отпарную секцию колонны отгонки пропана 32. Параобразная составляющая нагретого потока поднимается вверх, проходя через секцию абсорбции, где вступает в контакт с холодным конденсатом, стекающим вниз, конденсируя и абсорбируя компоненты C_4 и более тяжелые компоненты.

Шлемовые пары (поток 73) из колонны отгонки пропана 32 поступают в конденсатор флегмы 34 и охлаждаются пропановым холодильным агентом от температуры 59°F [15°C] до -33°F [-36°C], чтобы обеспечить их конденсацию до того, как они поступят в сепаратор потока флегмы 35 под давлением 260 фунт/кв.дюйм [1793 кПа(а)]. Если присутствует неконденсированный пар (поток 74), он расширяется до рабочего давления деметализатора 28 посредством расширительного клапана 38 и возвращается в деметализатор 28 через нижнюю точку ввода сырья в колонну. На схеме моделирования способа, представленной на фиг. 1, однако, все шлемовые пары конденсируются и покидают сепаратор потока флегмы 35 в виде жидкого потока 75. Поток 75 с помощью насоса 36 доводится до давления, незначительно превышающего рабочее давление колонны отгонки пропана 32, а часть (поток 76) потока 75а затем подается в качестве сырья в верхнюю точку (точку ввода флегмы) колонны отгонки пропана 32 для абсорбции и конденсации компонентов C_4 и более тяжелых компонентов, поднимающихся из секции абсорбции колонны. Оставшаяся часть (поток 77) содержит компоненты C_3 и более легкие компоненты, освобожденные из потока отгонного конденсата 72. Он расширяется до рабочего давления деметализатора 28 посредством расширительного клапана 37, охлаждая поток 37а до температуры -44°F [-42°C], а затем возвращается в деметализатор 28 в нижнюю точку ввода сырья, которая находится ниже точки отведения потока отгонного конденсата 72.

Жидкий кубовой продукт из колонны отгонки пропана 32 (поток 78) освобождается от компонентов C_3 и более легких компонентов и в основном состоит из углеводородов C_4-C_5 . Он покидает нижнюю секцию колонны отгонки пропана 32, имея температуру 230°F [110°C] и охлаждается до -20°F [-29°C] в теплообменнике 31, как описано ранее. Поток 78а подвергается дальнейшему охлаждению до -35°F [-37°C] с помощью пропанового холодильного агента в теплообменнике 39 (поток 78b), а затем расширяется до

рабочего давления деметанизатора 28 в расширительном клапане 40. Расширенный поток 78с затем подается в деметанизатор 28 в качестве флегмы, он подается через верхнюю точку ввода сырья, имея температуру -35°F [-37°C]. Углеводороды C₄-C₅ в потоке 78с выступают в качестве абсорбента, поглощающего компоненты C₂₊ из паров, поднимающихся вверх через секцию абсорбции деметанизатора 28.

В отпарной секции деметализатора 28 сырьевые потоки освобождаются от метана и более легких компонентов. Полученный жидкий продукт (поток 71) покидает нижнюю секцию колонны 28 при температуре 24°F [-4°C] и с помощью насоса 29 доводится до более высокого давления. Сжатый поток 71а затем нагревается до температуры 93°F [34°C] в теплообменнике 20, как описывалось ранее. Холодный поток остаточного газа 68 покидает деметализатор 28 при температуре -32°F [-35°C] и движется навстречу поступающему сырьевому газу в теплообменнике 23, где он нагревается до температуры 32°F [0°C] (поток 68а), а затем подается в теплообменник 20, где он нагревается до температуры 95°F [35°C] (поток 68b), попутно обеспечивая охлаждение рабочего потока, как было описано ранее. Остаточный газовый продукт затем поступает в распределительный коллектор топливного газа, имея давление 165 фунт/кв.дюйм [1138 кПа(а)].

Краткие данные по расходу и энергопотреблению для техспособа, показанного на фиг. 1, приводятся в следующей таблице.

Данные по расходу - фунт-моль/ч [кг-моль/ч]

Компонент	Поток 61	Поток 62	Поток 63	Поток 64	Поток 65
Водород	833	823	10	814	9
Метан	2375	2225	150	1980	245
Этилен	115	95	20	60	35
Этан	944	710	234	349	361
Пропилен	212	112	100	23	89
Пропан	597	293	304	51	242
Бутилен/Бутадиен	135	36	99	2	34
Изобутан	78	23	55	2	21
Н-бутан	166	39	127	2	37
Пентаны+	46	5	41	0	5
Всего	5577	4431	1146	3348	1083

021836

<u>Компонент</u>	<u>Поток 72</u>	<u>Поток 73</u>	<u>Поток 75</u>	<u>Поток 76</u>	<u>Поток 77</u>
Водород	0	0	0	0	0
Метан	186	298	298	112	186
Этилен	89	142	142	53	89
Этан	836	1336	1336	500	836
Пропилен	129	194	194	73	121
Пропан	353	482	482	180	302
Бутилен/Бутадиен	239	24	24	9	15
Изобутан	111	18	18	7	11
Н-бутан	396	16	16	6	10
Пентаны+	220	0	0	0	0
Всего	2569	2515	2515	941	1574
<u>Компонент</u>	<u>Поток 78</u>	<u>Поток 68</u>	<u>Поток 71</u>		
Водород	0	833	0		
Метан	0	2352	23		
Этилен	0	45	70		
Этан	0	109	835		
Пропилен	8	4	208		
Пропан	51	21	576		
Бутилен/Бутадиен	224	22	113		
Изобутан	100	12	66		
Н-бутан	386	29	137		
Пентаны+	220	4	42		
Всего	995	3501	2076		

Выделенные компоненты *		
Этилен	60,81%	
Этан	88,41%	
Пропилен	98,22%	
Пропан	96,57%	
Бутаны+	84,03%	
Мощность		
Сжатие газа на входе	6,072 л.с.	[9,982 кВт]
Сжатие холодильного агента	5,015 л.с.	[8,245 кВт]
Общее сжатие	11,087 л.с.	[18,227 кВт]

* На основе неокругленных значений расхода.

Другие варианты воплощения.

В соответствии с настоящим изобретением в основном предпочтительно проектировать секцию абсорбции (ректификации) деметанизатора таким образом, чтобы в ней можно было реализовать несколько расчетных ступеней сепарации. Однако, полезный эффект от настоящего изобретения может быть достигнут с применением двух расчетных фаз. Например, возможно смешивание всего потока флегмы или его части (поток 78с) и всего расширенного потока или чего части 64а (например, в трубной обвязке деметализатора), и при тщательном перемешивании пар и конденсат смешиваются и разделяются в соответствии с относительной летучестью различных компонентов общего смешанного потока. Такое смешивание двух потоков следует предусмотреть с целью образования секции абсорбции в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 2 приводится другой вариант воплощения настоящего изобретения, более предпочтительный в некоторых обстоятельствах. В варианте воплощения изобретения, показанном на фиг. 2, часть (поток 66) парообразного потока 64 от сепаратора 24 расширяется до промежуточного давления с помощью расширительного клапана 26, а затем смешивается с холодным жидким кубовым потоком 78b из колонны отгонки пропана, образуя тем самым смешанный поток 79. Смешанный поток 79 охлаждается в теплообменнике 27 (поток 79a) за счет холодного шлемового потока 68 из деметализатора, затем расширяется до рабочего давления деметализатора 28 посредством расширительного клапана 40. Расширенный поток 79b затем подается в качестве флегмы в верхнюю точку ввода сырья деметализатора 28. Оставшаяся часть (поток 67) парообразного потока 64 расширяется до рабочего давления колонны в рабочем детандере 14, и расширенный поток 67a подается в верхнюю точку ввода сырья средней секции деметализатора 28.

Характеристики сырьевого газа, габариты установки, имеющееся оборудование или другие факторы могут указывать на то, что не требуется устанавливать детандер 14 либо же его требуется заменить на другое расширительное устройство (например, расширительный клапан). И хотя на схеме отображены конкретные расширительные устройства для каждого потока, при необходимости вместо них можно использовать другие устройства. Например, режим обработки требует расширения потока флегмы (поток 78b или поток 79a).

Если сырьевой газ обедненный, установка сепаратора 21 на фиг. 1 и 2 является необоснованной. В таких случаях охлаждение сырьевого газа, которое выполняется в теплообменниках 20 и 23 на фиг. 1 и 2, может выполняться без применения промежуточного сепаратора. Решение о необходимости охлаждения сырьевого газа и его сепарации в несколько этапов зависит от степени обогащения сырьевого газа, габаритов установки, имеющегося оборудования и т.д. В зависимости от количества тяжелых углеводородов в сырьевом газе и давления самого сырьевого газа, охлажденный сырьевой поток 61а, покидающий теплообменник 20 и/или охлажденный поток 62а, покидающий теплообменник 23, на фиг. 1 и 2 могут не содержать жидкой составляющей (так как давление превышает точку начала конденсации или криоконденсации), так что применение сепаратора 21 и/или сепаратора 24, показанных на фиг. 1 и 2, не требуется.

Расширенный конденсат (поток 65а на фиг. 1 и 2) не нужно нагревать перед подачей в нижнюю точку ввода сырья средней секции отгонной колонны. Вместо этого весь поток или его часть можно подавать непосредственно в колонну. Оставшуюся часть расширенного конденсата можно затем нагреть перед ее подачей в отгонную колонну. В соответствии с настоящим изобретением возможно применение внешней охладительной установки для дополнительного охлаждения входящего газа, поступающего в других технологических потоках, в частности, если используется обогащенный входящий газ. Целесообразность применения и распределения сепарированного конденсата и конденсата из бокового погона де-

метанализатора в способе теплового обмена, в частности, в теплообменниках для охлаждения входящего газа, должна анализироваться для каждого конкретного случая применения, то же касается и выбора технологических потоков для обеспечения конкретных функций теплообмена.

В соответствии с настоящим изобретением отделение парообразного сырья для варианта воплощения изобретения, показанного на фиг. 2, может осуществляться несколькими способами. На схеме способа, представленной на фиг. 2, отделение пара происходит после охлаждения и сепарации возможного конденсата. Находящийся под высоким давлением газ, однако, можно разделить до охлаждения входного газа или после его охлаждения и до этапа сепарации. В некоторых вариантах воплощения изобретения отделение пара может выполняться в сепараторе.

Также требуется отметить, что относительное количество сырья в каждом отводе разделенного парообразного сырья по схеме на фиг. 2 зависит от нескольких факторов, в том числе от давления и состава сырьевого газа, количества тепла, которое можно выделить из сырья, а также от доступного количества мощности. Увеличение объема сырья, подаваемого в верхнюю секцию колонны, может повысить степень выделения, в то же время снизится мощность, отводящаяся из детандера, что тем самым повысит требования к мощности компрессора. Увеличение подачи сырья в нижнюю секцию колонны снижает уровень потребляемой мощности, но при этом также может упасть уровень сепарации продукта. Положение точек ввода в средней части колонны может изменяться в зависимости от состава входного газа и от других факторов, таких как требуемые уровни выделения продукта и количество конденсата, образующегося при охлаждении входного газа. Кроме того, два и более сырьевых потока или их части могут смешиваться в зависимости от относительных температур и количества отдельных потоков, и смешанный поток подается в точку ввода сырья в средней секции колонны.

Настоящее изобретение обеспечивает повышенную степень выделения компонентов C_2 , компонентов C_3 и более тяжелых углеводородов на единицу потребления вспомогательных сред, необходимых для эксплуатации способа. Экономия потребляемых вспомогательных сред, необходимых для функционирования техспособа деметанизации, может проявляться в виде уменьшения потребляемой мощности для сжатия или повторного сжатия, уменьшения мощности, необходимой для внешней охлаждающей установки, уменьшения энергии, необходимой для ребайлеров колонны, либо в виде их сочетания.

Хотя здесь и приводится описание предпочтительных вариантов воплощения изобретения, специалисты с соответствующим уровнем технической подготовки могут найти другие варианты или внести изменения в описанные здесь (например, адаптировать изобретение для работы в других режимах, с применением другого типа сырья или с изменением других требований), не отклоняясь от сути настоящего изобретения, определенной в следующей формуле.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ сепарации газового потока 51, содержащего метан и более летучие компоненты, компоненты C_2 , компоненты C_3 и более тяжелые углеводородные компоненты, на летучую фракцию 68b остаточного газа и на относительно менее летучую фракцию 71b, содержащую основную часть указанных компонентов C_2 , компонентов C_3 и более тяжелых углеводородных компонентов, согласно которому:

а) указанный газовый поток 51, 61 охлаждают 20, 23 под давлением для получения охлажденного потока 64;

б) указанный охлажденный поток 64 расширяют 14 до более низкого давления, после чего его подвергают дальнейшему охлаждению 64a;

в) указанный дополнительно охлажденный поток 64a направляют в первую ректификационную колонну 28 и разделяют на фракции при указанном пониженном давлении, при этом выделяются компоненты 71b, относящиеся к менее летучей фракции;

отличающийся тем, что:

(1) указанный дополнительно охлажденный расширенный поток 64a направляют в указанную первую ректификационную колонну 28 в место ввода сырья в ее средней точке;

(2) поток отгонного конденсата 72 отводят из средней секции указанной первой ректификационной колонны 28, из точки ниже указанного места ввода сырья 64a;

(3) указанный поток отгонного конденсата 72 нагревают 31, а затем направляют во вторую ректификационную колонну 32 и разделяют на парообразный поток 73 шлемовых паров и поток 78 кубового продукта;

(4) указанный поток 73 шлемовых паров охлаждают 34 до практически полной его конденсации, получая при этом поток конденсата 75;

(5) указанный поток конденсата 75, 75a разделяют на первую 76 и вторую 77 части, после чего указанную первую часть 76 направляют в указанную вторую ректификационную колонну 32 в точку подачи сырья в ее верхней секции;

(6) указанную вторую часть 77, 77a направляют в указанную первую ректификационную колонну 28, в точку ввода сырья в ее нижней секции, которая расположена ниже зоны, откуда из первой ректификационной колонны 28 отводят указанный поток отгонного конденсата 72;

(7) указанный жидкий кубовой поток 78 охлаждают 31, тем самым обеспечивая, по меньшей мере, частичный нагрев 31 для этапа (3);

(8) указанный охлажденный жидкий кубовой поток 78с направляют в указанную первую ректификационную колонну 28, в точку подачи сырья в ее верхней части;

(9) объемы и температуру указанных сырьевых потоков 72b, 76, поступающих во вторую ректификационную колонну 32, создают достаточными для поддержания температуры в верхней секции указанной второй ректификационной колонны 32 на уровне, при котором указанный поток 73 шлемовых паров в основном содержит углеводородные компоненты C_3 и более летучие компоненты, а указанный жидкий кубовой поток 78 в основном содержит углеводородные компоненты C_4-C_5 ;

(10) количество и температуру указанных сырьевых потоков 64а, 77а, 78с, направляемых в первую ректификационную колонну 28, создают достаточными для поддержания температуры в верхней секции указанной первой ректификационной колонны 28, при которой из потока извлекают основную часть компонентов указанной менее летучей фракции 71b.

2. Способ сепарации газового потока 51, содержащего метан и более летучие компоненты, компоненты C_2 , компоненты C_3 и более тяжелые углеводородные компоненты, на летучую фракцию 68b остаточного газа и на относительно менее летучую фракцию 71b, содержащую основную часть указанных компонентов C_2 , компонентов C_3 и более тяжелых углеводородных компонентов, согласно которому:

а) указанный газовый поток 51, 61 охлаждают 20 под давлением для получения охлажденного потока;

б) указанный охлажденный поток расширяется до более низкого давления, после чего его подвергают дальнейшему охлаждению;

в) указанный дополнительно охлажденный поток направляют в первую ректификационную колонну и разделяют на фракции при указанном пониженном давлении, при этом выделяются компоненты, относящиеся к менее летучей фракции;

отличающийся тем, что газовый поток 61 существенно охлаждают 20 до его частичной конденсации 61а; и

(1) указанный частично конденсированный газовый поток 61а разделяют 21 для получения парообразного потока 62, 64 и по меньшей мере одного потока жидкости 63;

(2) указанный парообразный поток 64 расширяется 14 до указанного более низкого давления 64а и его подают в указанную первую ректификационную колонну 28, в место подачи сырья в ее средней секции;

(3) по меньшей мере часть указанного по меньшей мере одного потока жидкости 63 расширяется 22 до указанного более низкого давления 63а и его подают в указанную первую ректификационную колонну 28 в положение подачи сырья 63а в ее средней секции ниже указанного места подачи сырья 64а в ее средней секции;

(4) поток отгонного конденсата 72 отводят из части указанной ректификационной колонны 28 ниже указанного места подачи сырья 64а в ее средней секции и выше указанного места подачи сырья 63а в ее средней секции;

(5) указанный поток отгонного конденсата 72 нагревают 31, а затем направляют во вторую ректификационную колонну 32 и разделяют на парообразный поток 73 шлемовых паров и поток жидкого кубового продукта 78;

(6) указанный поток шлемовых паров 73 охлаждается 34 до практически полной его конденсации, таким образом, получают поток конденсата 75;

(7) указанный поток конденсата 75, 75а разделяют на первую 76 и вторую 77 части, после чего указанную первую часть 76 направляют в указанную вторую ректификационную колонну 32, в точку подачи сырья в ее верхней секции;

(8) указанную вторую часть 77, 77а направляют в указанную первую ректификационную колонну 28, в точку ввода сырья в ее нижней секции, которая расположена ниже зоны, откуда из первой ректификационной колонны 28 отводят указанный поток отгонного конденсата 72;

(9) указанный поток 78 жидкого кубового продукта охлаждают 31, тем самым обеспечивая, по меньшей мере, частичный нагрев 31 для этапа (5);

(10) указанный охлажденный жидкий поток 78с кубового продукта направляют в указанную первую ректификационную колонну 28, в верхнюю точку ввода сырья;

(11) объемы и температуру указанных сырьевых потоков 72b, 76, поступающих во вторую ректификационную колонну 32, создают достаточными для поддержания температуры в верхней секции указанной второй ректификационной колонны 32 на уровне, при котором указанный поток 73 шлемовых паров в основном содержит углеводородные компоненты C_3 и более летучие компоненты, а указанный поток 78 жидкого кубового продукта в основном содержит углеводородные компоненты C_4-C_5 ; и

(12) объемы и температуру указанных сырьевых потоков 64а, 63а, 77а, 78с, направляемых в первую ректификационную колонну 28, создают достаточными для поддержания температуры в верхней секции указанной первой ректификационной колонны 28, при которой из потока извлекают основную часть компонентов указанной менее летучей фракции 71b.

3. Способ сепарации газового потока 51, содержащего метан и более летучие компоненты, компоненты C₂, компоненты C₃ и более тяжелые углеводородные компоненты, на летучую фракцию 68с остаточного газа и на относительно менее летучую фракцию 71b, содержащую основную часть указанных компонентов C₂, компонентов C₃ и более тяжелых углеводородных компонентов, согласно которому:

а) указанный газовый поток 51, 61 охлаждают 20, 23 под давлением для получения охлажденного потока 64;

б) указанный охлажденный поток расширяют до более низкого давления, за счет чего происходит его дальнейшее охлаждение;

в) указанный дополнительно охлажденный поток направляют в первую ректификационную колонну 28 и разделяют на фракции при указанном пониженном давлении, при этом выделяются компоненты, относящиеся к менее летучей фракции;

отличающийся тем, что после охлаждения указанный охлажденный поток 64 разделяют на первый 66 и второй 67 потоки; и

(1) указанный второй поток 67 расширяют 14 до указанного более низкого давления 67а и его подают в указанную первую ректификационную колонну 28, в точку подачи сырья в ее средней секции;

(2) поток отгонного конденсата 72 отводят из зоны средней секции указанной первой ректификационной колонны 28, из точки ниже указанного места подачи сырья в ее средней секции 67а;

(3) указанный поток отгонного конденсата 72 нагревают 31, а затем направляют во вторую ректификационную колонну 32 и разделяют на поток 73 шлемовых паров и поток 78 жидкого кубового продукта;

(4) указанный поток шлемовых паров 73 охлаждают 34 до практически полной его конденсации с получением, таким образом, потока конденсата 75;

(5) указанный поток конденсата 75, 75а разделяют на первую 76 и вторую 77 части, после чего указанную первую часть 76 направляют в указанную вторую ректификационную колонну 32, в точку подачи сырья в ее верхней секции;

(6) указанную вторую часть 77, 77а направляют в указанную первую ректификационную колонну 28, в точку ввода сырья в ее нижней секции, которая расположена ниже указанной зоны, откуда из первой ректификационной колонны 28 отводят указанный поток отгонного конденсата 72;

(7) указанный поток жидкого кубового продукта 78 охлаждают 31, тем самым обеспечивая, по меньшей мере, частичный нагрев 31 для этапа (3);

(8) указанный первый поток 66 расширяют 26 до промежуточного давления 66а, после чего смешивают с указанным охлажденным потоком 78b жидкого кубового продукта, образуя тем самым смешанный поток 79;

(9) указанный смешанный поток 79 охлаждают 27, после чего расширяют 40 до указанного более низкого давления 79b;

(10) указанный расширенный охлажденный смешанный поток 79b направляют в указанную первую ректификационную колонну 28, в верхнюю точку подачи сырья;

(11) объемы и температуру указанных сырьевых потоков 72b, 76, поступающих во вторую ректификационную колонну 32, создают достаточными для поддержания температуры в верхней секции указанной второй ректификационной колонны 32 на уровне, при котором указанный поток 73 шлемовых паров в основном содержит углеводородные компоненты C₃ и более летучие компоненты, а указанный жидкий кубовой поток 78 в основном содержит углеводородные компоненты C₄-C₅; и

(12) количество и температуру указанных сырьевых потоков 67а, 77а, 79b, направляемых в первую ректификационную колонну 28, создают достаточными для поддержания температуры в верхней секции указанной первой ректификационной колонны 28, при которой из потока извлекается основная часть компонентов указанной менее летучей фракции 71b.

4. Способ сепарации газового потока 51, содержащего метан и более летучие компоненты, компоненты C₂, компоненты C₃ и более тяжелые углеводородные компоненты, на летучую фракцию 68с остаточного газа и на относительно менее летучую фракцию 71b, содержащую основную часть указанных компонентов C₂, компонентов C₃ и более тяжелых углеводородных компонентов, согласно которому:

а) указанный газообразный поток 51, 61 охлаждают 20 под давлением для получения охлажденного потока;

б) указанный охлажденный поток расширяют до более низкого давления, за счет чего происходит его дальнейшее охлаждение;

в) указанный дополнительно охлажденный поток направляют в первую ректификационную колонну и разделяют на фракции при указанном пониженном давлении, при этом выделяются компоненты указанной менее летучей фракции;

отличающийся тем, что указанный газовый поток 61 охлаждают 20 в достаточной степени для его частичной конденсации 61а; и

(1) указанный частично сконденсированный газовый поток 61а подвергают сепарации 21, образуя при этом парообразный поток 62, 64 и по меньшей мере один поток конденсата 63;

(2) указанный парообразный поток 64 далее разделяют на первый 66 и второй 67 потоки;

(3) указанный второй поток 67 расширяют 14 до указанного более низкого давления 67а и подают в указанную первую ректификационную колонну 28, в точку подачи сырья в ее средней секции;

(4) по меньшей мере часть указанного по меньшей мере одного потока конденсата 63 расширяют 22 до указанного более низкого давления и подают в указанную первую ректификационную колонну 28, в точке подачи сырья в ее средней секции 63а, находящейся ниже указанной точки подачи сырья 67а в средней секции;

(5) поток отгонного конденсата 72 отводят из секции указанной первой ректификационной колонны 28, ниже указанной точки подачи сырья 67а в средней секции и выше указанной более низкой точки подачи сырья 63а в средней секции;

(6) указанный поток отгонного конденсата 72 нагревают 31, а затем направляют во вторую ректификационную колонну 32 и разделяют на парообразный поток шлемовых паров 73 и поток жидкого кубового продукта 78;

(7) указанный поток шлемовых паров 73 охлаждают 34 до практически полной его конденсации, образуя при этом поток конденсата 75;

(8) указанный поток конденсата 75, 75а разделяют на первую 76 и вторую 77 части, после чего указанную первую часть 76 направляют в указанную вторую ректификационную колонну 32, в точку подачи сырья в ее верхней секции;

(9) указанную вторую часть 77, 77а направляют в указанную первую ректификационную колонну 28, в точку подачи сырья в ее нижней секции, которая расположена ниже зоны, откуда из первой ректификационной колонны отводится указанный поток отгонного конденсата 72;

(10) указанный поток жидкого кубового продукта 78 охлаждают 31, тем самым обеспечивая, по меньшей мере, частичный нагрев 31 для этапа (6);

(11) указанный первый поток 66 расширяют 26 до промежуточного давления 66а, после чего смешивают с указанным охлажденным потоком жидкого кубового продукта 78б, образуя тем самым смешанный поток 79;

(12) указанный смешанный поток 79 охлаждают 27, после чего расширяют 40 до указанного более низкого давления 79б;

(13) указанный расширенный охлажденный смешанный поток 79б направляют в указанную первую ректификационную колонну 28, в верхнюю точку подачи сырья;

(14) объемы и температура указанных сырьевых потоков 72б, 76, поступающих во вторую ректификационную колонну 32, создают достаточными для поддержания температуры в верхней секции указанной второй ректификационной колонны 32 на уровне, при котором указанный поток 73 шлемовых паров в основном содержит углеводородные компоненты C₃ и более летучие компоненты, а указанный поток 78 жидкого кубового продукта в основном содержит углеводородные компоненты C₄-C₅;

(15) количество и температура указанных сырьевых потоков 67а, 63а, 77а, 79б, направляемых в первую ректификационную колонну 28, являются достаточными для поддержания температуры в верхней секции указанной первой ректификационной колонны 28, при которой из потока извлекают основную часть компонентов указанной менее летучей фракции 71б.

5. Способ по п.2 или 4, отличающийся тем, что указанную расширенную часть по меньшей мере одного потока конденсата 65а нагревают 23, после чего подают в указанную первую ректификационную колонну 28 в указанной более низкой точке подачи сырья в ее средней секции, которая расположена ниже указанной точки подачи сырья в средней секции.

6. Способ по пп.1-3 или 4, отличающийся тем, что:

(1) указанный поток шлемовых паров 73 охлаждают 34 в достаточной степени для его частичной конденсации 73а;

(2) указанный частично конденсированный поток 73а шлемовых паров сепарируют 35, образуя таким образом поток 74 остаточного пара и указанный поток конденсата 75;

(3) указанный поток остаточного пара 74, 74а направляют в указанную первую ректификационную колонну 28, во вторую точку подачи сырья в ее нижней секции, которая расположена ниже зоны, откуда из указанной первой ректификационной колонны 28 отводится указанный поток отгонного конденсата 72.

7. Способ по п.5, отличающийся тем, что:

(1) указанный поток шлемовых паров 73 охлаждают в достаточной степени для его частичной конденсации 73а;

(2) указанный частично конденсированный поток 73а шлемовых паров сепарируют 35, образуя таким образом поток 74 остаточного пара и указанный поток конденсата 75;

(3) указанный поток остаточного пара 74, 74а направляют в указанную первую ректификационную колонну 28, во вторую точку подачи сырья в ее нижней секции, которая расположена ниже зоны, откуда из указанной первой ректификационной колонны 28 отводят указанный поток отгонного конденсата 72.

8. Установка для сепарации газового потока 51, содержащего метан и более летучие компоненты, компоненты C₂, компоненты C₃ и более тяжелые углеводородные компоненты, на летучую фракцию 68б остаточного газа и на относительно менее летучую фракцию 71б, содержащую основную часть указан-

ных компонентов C_2 , компонентов C_3 и более тяжелых углеводородных компонентов, включающая:

а) первое устройство охлаждения 20, 23, обеспечивающее охлаждение указанного газового потока 51, 61 под давлением, что дает на выходе холодный поток 64 под давлением;

б) расширительное устройство 14, предназначенное для приема по меньшей мере части указанного охлажденного потока 64 под давлением и для его расширения до более низкого давления 64а, за счет чего указанный поток дополнительно охлаждается;

в) первую ректификационную колонну 28, предназначенную для приема указанного дополнительно охлажденного потока 64а и для сепарации указанного дополнительно охлажденного потока на указанную летучую фракцию 68b остаточного газа и указанную относительно менее летучую фракцию 71b;

отличающаяся тем, что указанный дополнительно охлажденный поток 64а направляется в указанную первую ректификационную колонну 28, в точке подачи сырья в ее средней секции, и установка включает:

(1) устройство удаления конденсата, подключенное к указанной первой ректификационной колонне и предназначенное для приема потока отгонного конденсата 72 из секции первой ректификационной колонны 28, которая находится ниже указанной точки подачи сырья 64а в средней секции колонны;

(2) теплообменное устройство 31, подключенное к указанному устройству удаления конденсата и предназначенное для приема указанного потока отгонного конденсата 72, 72а и его нагрева 72b;

(3) вторую ректификационную колонну 32, подключенную к указанному теплообменному устройству 31 и предназначенную для приема указанного потока отгонного конденсата 72b и его разделения на поток 73 шлемовых паров и поток 78 жидкого кубового продукта;

(4) второе устройство охлаждения 34, подключенное ко второй ректификационной колонне 32 и предназначенное для приема указанного потока 73 шлемовых паров и его охлаждения в достаточной степени для его практически полной конденсации, с формированием тем самым потока конденсата 75;

(5) разделительное устройство, подключенное ко второму охлаждающему устройству 34 и предназначенное для приема указанного потока 75 конденсата и его разделения на первую 76 и вторую 77 части;

(6) указанное разделительное устройство подключается к указанной второй ректификационной колонне 32 и обеспечивает подачу первой части 76 потока во вторую ректификационную колонну 32, в ее верхнюю точку подачи сырья; при этом

(7) указанное разделительное устройство дополнительно подключено к указанной первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу второй части потока 77, 77а в первую ректификационную колонну 28 в точке подачи сырья в нижней части колонны, расположенной ниже зоны, в которой к указанной первой ректификационной колонне 28 подключено устройство удаления конденсата, которое производит отбор указанного потока отгонного конденсата 72;

(8) указанное теплообменное устройство 31 также подключено к указанной второй ректификационной колонне 32 и обеспечивает прием и охлаждение указанного потока 78 жидкого кубового продукта, таким образом, обеспечивая, по меньшей мере, частичный нагрев 31 для этапа (2), и указанное теплообменное устройство 31 также подключено к указанной первой ректификационной колонне 28 и предназначено для подачи охлажденного потока жидкого кубового продукта 78c в верхнюю точку подачи сырья первой ректификационной колонны 28;

(9) первое устройство управления, предназначенное для регулирования объемов и температуры указанных сырьевых потоков 72b, 76, поступающих во вторую ректификационную колонну 32, таким образом, чтобы поддерживать температуру в верхней секции указанной второй ректификационной колонны 32, при которой указанный поток шлемовых паров 73 в основном содержит углеводородные компоненты C_3 и более летучие компоненты, а указанный жидкий кубовой поток 78 в основном содержит углеводородные компоненты C_4-C_5 ; и

(10) второе устройство управления, предназначенное для регулирования объема и температуры указанных сырьевых потоков 64a, 77a, 78c, направляемых в первую ректификационную колонну 28, таким образом, чтобы поддерживать температуру в верхней секции указанной первой ректификационной колонны 28, при которой из потока извлекается основная часть компонентов указанной менее летучей фракции 71b.

9. Установка для сепарации газового потока 51, содержащего метан и более летучие компоненты, компоненты C_2 , компоненты C_3 и более тяжелые углеводородные компоненты, на летучую фракцию 68b остаточного газа и на относительно менее летучую фракцию 71b, содержащую основную часть указанных компонентов C_2 , компонентов C_3 и более тяжелых углеводородных компонентов, включающая:

а) первое устройство охлаждения 20, обеспечивающее охлаждение указанного газового потока 51, 61 под давлением, что дает на выходе холодный поток под давлением;

б) первое расширительное устройство, предназначенное для приема по меньшей мере части указанного охлажденного потока под давлением и для его расширения до более низкого давления, за счет чего указанный поток дополнительно охлаждается; и

в) первую ректификационную колонну, предназначенную для приема указанного охлажденного потока и для сепарации указанного охлажденного потока на указанную летучую фракцию остаточного газа

и указанную относительно менее летучую фракцию;

отличающаяся тем, что включает:

(1) указанное первое охлаждающее устройство 20, предназначенное для охлаждения указанного газового потока 61 под давлением, достаточным для его частичной конденсации 61а;

(2) устройство сепарации 21, соединенное с указанным первым охлаждающим устройством 20 и предназначенное для приема частично конденсированного газового потока 61а и его разделения на парообразный поток 62, 64 и по меньшей мере один поток конденсата 63;

(3) первое расширительное устройство 14, подключенное к указанному устройству сепарации 21 и предназначенное для приема указанного парообразного потока 64 и его расширения до указанного более низкого давления 64а, при этом указанное первое расширительное устройство 14 дополнительно подключено к первой ректификационной колонне 28 и служит для подачи указанного расширенного парообразного потока 64а в первую ректификационную колонну 28, в точку подачи сырья в ее средней секции;

(4) второе расширительное устройство 22, подключенное к указанному устройству сепарации 21 и предназначенное для приема по меньшей мере части указанного по меньшей мере одного потока конденсата 63 и ее расширения до указанного более низкого давления 63а, при этом указанное второе расширительное устройство 22 дополнительно подключено к первой ректификационной колонне 28 и служит для подачи указанного расширенного потока конденсата 63а в первую ректификационную колонну 28, в нижнюю точку ее средней секции, расположенную ниже указанной точки 64а подачи сырья в средней секции ректификационной колонны;

(5) устройство удаления конденсата, подключенное к указанной первой ректификационной колонне 28 и предназначенное для приема потока отгонного конденсата 72 из секции первой ректификационной колонны 28, которая находится ниже указанной точки 64а подачи сырья в средней секции колонны и выше нижней точки 63а подачи сырья в средней секции колонны;

(6) теплообменное устройство 31, подключенное к указанному устройству удаления конденсата и предназначенное для приема указанного потока отгонного конденсата 72, 72а и его нагрева 72б;

(7) вторая ректификационная колонна 32, подключенная к указанному теплообменному устройству 31 и предназначенная для приема указанного потока нагретого отгонного конденсата 72б и его разделения на поток шлемовых паров 73 и поток жидкого кубового продукта 78;

(8) второе устройство охлаждения 34, подключенное ко второй ректификационной колонне 32 и предназначенное для приема указанного потока шлемовых паров 73 и его охлаждения в достаточной степени для практически полной конденсации, с образованием тем самым потока конденсата 75;

(9) разделительное устройство, подключенное ко второму охлаждающему устройству 34 и предназначенное для приема указанного потока конденсата 75 и его разделения на первую 76 и вторую 77 части; при этом

(10) указанное разделительное устройство подключается к указанной второй ректификационной колонне 32 и обеспечивает подачу первой части потока 76 в указанную вторую ректификационную колонну 32 в ее верхней точке подачи сырья;

(11) указанное разделительное устройство дополнительно подключено к указанной первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу второй части потока 77, 77а в указанную первую ректификационную колонну 28, в точке подачи сырья в нижней части колонны, расположенной ниже указанной зоны, в которой к первой ректификационной колонне 28 подключено указанное устройство удаления конденсата, которое производит отбор указанного потока отгонного конденсата 72;

(12) указанное теплообменное устройство 31 также подключено к указанной второй ректификационной колонне 32, и оно обеспечивает прием и охлаждение указанного потока 78 жидкого кубового продукта, таким образом, обеспечивая, по меньшей мере, частичный нагрев 31 для этапа (6), при этом указанное теплообменное устройство 31 дополнительно подключено к указанной первой ректификационной колонне 28 и предназначено для подачи охлажденного потока жидкого кубового продукта 78с в верхнюю точку ввода сырья первой ректификационной колонны 28;

(13) первое устройство управления, предназначенное для регулирования объемов и температуры указанных сырьевых потоков 72б, 76, поступающих во вторую ректификационную колонну 32, таким образом, чтобы поддерживать температуру в верхней секции указанной второй ректификационной колонны 32, при которой указанный поток шлемовых паров 73 в основном содержит углеводородные компоненты C₃ и более летучие компоненты, а указанный поток 78 жидкого кубового продукта в основном содержит углеводородные компоненты C₄-C₅; и

(14) второе устройство управления, предназначенное для регулирования объема и температуры указанных сырьевых потоков 64а, 63а, 77а, 78с, направляемых в первую ректификационную колонну 28, таким образом, чтобы поддерживать температуру в верхней секции указанной первой ректификационной колонны 28, при которой из потока извлекается основная часть компонентов указанной менее летучей фракции 71б.

10. Установка для сепарации газового потока 51, содержащего метан и более летучие компоненты, компоненты C₂, компоненты C₃ и более летучие углеводородные компоненты, на летучую фракцию 68с

остаточного газа и на относительно менее летучую фракцию 71b, содержащую основную часть указанных компонентов C₂, компонентов C₃ и более тяжелых углеводородных компонентов, включающая:

а) первое устройство 20, 23 охлаждения, обеспечивающее охлаждение указанного газового потока 51, 61 под давлением, что дает на выходе холодный поток 64 под давлением;

б) первое расширительное устройство, предназначенное для приема по меньшей мере части указанного охлажденного потока под давлением и для его расширения до более низкого давления, за счет чего указанный поток дополнительно охлаждается;

в) первую ректификационную колонну, предназначенную для приема указанного охлажденного потока и для сепарации указанного охлажденного потока на летучую фракцию остаточного газа и относительно менее летучую фракцию;

отличающаяся тем, что включает:

(1) первое разделительное устройство, подключенное к указанному первому охлаждающему устройству и предназначенное для приема указанного охлажденного потока 64 и его разделения на первый 66 и второй 67 потоки;

(2) указанное первое расширительное устройство 14, подключенное к указанному первому разделительному устройству и предназначенное для приема указанного второго потока 67 и его расширения до указанного более низкого давления 67a, при этом указанное первое расширительное устройство 14 дополнительно подключено к первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу указанного расширенного второго потока 67a в первую ректификационную колонну 28 в точке подачи сырья в ее средней секции;

(3) устройство удаления конденсата, подключенное к указанной первой ректификационной колонне 28 и предназначенное для приема потока отгонного конденсата 72 из секции первой ректификационной колонны 28, которая находится ниже указанной точки 67a подачи сырья в средней секции колонны;

(4) теплообменное устройство 31, подключенное к указанному устройству удаления конденсата и предназначенное для приема указанного потока отгонного конденсата 72, 72a и его нагрева 72b;

(5) вторую ректификационную колонну 32, подключенную к указанному теплообменному устройству 31 и предназначенную для приема указанного потока отгонного конденсата 72b и его разделения на поток 73 шлемовых паров и поток 78 жидкого кубового продукта;

(6) второе устройство охлаждения 34, подключенное ко второму разделительному устройству 32 и предназначенное для приема указанного потока шлемовых паров 73 и его охлаждения в достаточной степени для практически полной конденсации, с образованием тем самым потока конденсата 75;

(7) второе разделительное устройство, подключенное ко второму охлаждающему устройству 34 и предназначенное для приема указанного потока конденсата 75 и его разделения на первую 76 и вторую 77 части;

(8) указанное второе разделительное устройство подключается к указанной второй ректификационной колонне 32 и обеспечивает подачу указанной первой части 76 потока во вторую ректификационную колонну 32, в ее верхнюю точку подачи сырья;

(9) указанное второе разделительное устройство дополнительно подключено к указанной первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу второй части потока 77, 77a в указанную первую ректификационную колонну 28, в точке подачи сырья в нижней части колонны, расположенной ниже указанной зоны, в которой к первой ректификационной колонне 28 подключено указанное устройство удаления конденсата, которое производит отбор указанного потока отгонного конденсата 72;

(10) указанное теплообменное устройство 31 дополнительно соединено со второй ректификационной колонной 32 и предназначено для приема и охлаждения жидкого кубового потока 78, таким образом, обеспечивая, по меньшей мере, частичный нагрев 31 на этапе (4);

(11) второе расширительное устройство 26, подключенное к указанному первому разделительному устройству и предназначенное для приема указанного первого потока 66 и его расширения до промежуточного давления 66a;

(12) смещающее устройство, подключенное к указанному второму расширительному устройству 26 и указанному теплообменному устройству 31 и предназначенное для приема указанного расширенного первого потока 66a и охлажденного потока жидкого кубового продукта 78b и формирования смешанного потока 79;

(13) третье охлаждающее устройство 27, подключенное к указанному смещающему устройству и обеспечивающее прием указанного смешанного потока 79 и его охлаждение 79a;

(14) третье расширительное устройство 40, подключенное к указанному третьему охлаждающему устройству 27 и предназначенному для приема указанного охлажденного смешанного потока 79a и его расширения до указанного более низкого давления 79b, при этом указанное третье расширительное устройство 40 дополнительно подключено к первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу указанного расширенного охлажденного смешанного потока 79b в верхнюю точку подачи сырья первой ректификационной колонны 28;

(15) первое устройство управления, предназначенное для регулирования объемов и температуры указанных сырьевых потоков 72b, 76, поступающих во вторую ректификационную колонну 32, таким

образом, чтобы поддерживать температуру в верхней секции указанной второй ректификационной колонны 32, при которой указанный поток шлемовых паров 73 в основном содержит углеводородные компоненты C_3 и более летучие компоненты, а указанный поток 78 жидкого кубового продукта в основном содержит углеводородные компоненты C_4-C_5 ;

(16) второе устройство управления, предназначенное для регулирования объемов и температуры указанных сырьевых потоков 67а, 77а, 79в, поступающих в указанную первую ректификационную колонну 28, таким образом, чтобы поддерживать температуру в верхней секции указанной первой ректификационной колонны, при которой из потока извлекается основная часть компонентов указанной относительно менее летучей фракции 71в.

11. Установка для сепарации газового потока 51, содержащего метан и более летучие компоненты, компоненты C_2 , компоненты C_3 и более тяжелые углеводородные компоненты, на летучую фракцию 68с остаточного газа и на относительно менее летучую фракцию 71в, содержащую основную часть указанных компонентов C_2 , компонентов C_3 и более тяжелых углеводородных компонентов, включающая:

а) первое устройство охлаждения 20, обеспечивающее охлаждение указанного газового потока под давлением 51, 61, что дает на выходе холодный поток под давлением;

б) первое расширительное устройство, предназначенное для приема по меньшей мере части указанного охлажденного потока под давлением и для его расширения до более низкого давления, за счет чего указанный поток дополнительно охлаждается;

в) первую ректификационную колонну, предназначенную для приема указанного охлажденного потока и сепарации указанного охлажденного потока на указанную летучую фракцию остаточного газа и указанную относительно менее летучую фракцию;

отличающаяся тем, что включает:

(1) указанное первое охлаждающее устройство 20, предназначенное для охлаждения указанного газового потока 61 под давлением, достаточным для его частичной конденсации 61а;

(2) устройство сепарации 21, соединенное с указанным первым охлаждающим устройством 20 и предназначенное для приема частично конденсированного газового потока 61а и его разделения на парообразный поток 62, 64 и по меньшей мере один поток конденсата 63;

(3) первое разделительное устройство, подключенное к указанному устройству сепарации 21 и предназначенное для приема указанного парообразного потока 64 и его разделения на первый 66 и второй 67 потоки;

(4) указанное первое расширительное устройство 14, подключенное к указанному первому разделительному устройству и предназначенное для приема указанного второго потока 67 и его расширения до указанного более низкого давления 67а, причем указанное первое расширительное устройство 14 также подключено к первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу указанного расширенного второго потока 67а в первую ректификационную колонну 28 в точке подачи сырья в ее средней секции;

(5) второе расширительное устройство 22, подключенное к указанному устройству сепарации 21 и предназначенное для приема по меньшей мере части по меньшей мере одного потока конденсата 63 и ее расширения до указанного более низкого давления 63а, причем указанное второе расширительное устройство 22 также подключено к первой ректификационной колонне 28 и служит для подачи указанного расширенного потока конденсата 63а в первую ректификационную колонну 28, в нижнюю точку ее средней секции, расположенную ниже указанной точки 67а подачи сырья в средней секции колонны;

(6) устройство удаления конденсата, подключенное к указанной первой ректификационной колонне 28 и предназначенное для приема потока отгонного конденсата 72 из секции первой ректификационной колонны, которая находится ниже указанной точки 67а подачи сырья в средней секции колонны и выше указанной нижней точки подачи сырья 63а в средней секции колонны;

(7) теплообменное устройство 31, подключенное к указанному устройству удаления конденсата и предназначенное для приема указанного потока отгонного конденсата 72, 72а и его нагрева 72в;

(8) вторая ректификационная колонна 32, подключенная к указанному теплообменному устройству 31 и предназначенная для приема указанного потока нагретого отгонного конденсата 72в и его разделения на поток шлемовых паров 73 и поток жидкого кубового продукта 78;

(9) второе устройство охлаждения 34, подключенное ко второй ректификационной колонне 32 и предназначенное для приема указанного потока шлемовых паров 73 и его охлаждения в достаточной степени для практически полной конденсации, с образованием тем самым потока конденсата 75;

(10) второе разделительное устройство, подключенное ко второму охлаждающему устройству 34 и предназначенное для приема указанного потока конденсата 75 и его разделения на первую 76 и вторую 77 части; при этом

(11) указанное второе разделительное устройство подключается к указанной второй ректификационной колонне 32 и обеспечивает подачу первой части потока 76 во вторую ректификационную колонну 32 в ее верхней точке подачи сырья;

(12) указанное второе разделительное устройство дополнительно подключено к указанной первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу указанной второй части потока 77, 77а в первую ректификационную колонну 28, в точку подачи сырья в нижней части колонны, расположенной ниже

указанной зоны, в которой к указанной первой ректификационной колонне подключено устройство удаления конденсата, которое производит отбор указанного потока отгонного конденсата 72;

(13) указанное теплообменное устройство 31 дополнительно соединено со второй ректификационной колонной 32 и предназначено для приема и охлаждения потока 78 жидкого кубового продукта, обеспечивая, таким образом, по меньшей мере, частичный нагрев 31 на этапе (7);

(14) третье расширительное устройство 26, подключенное к указанному первому разделительному устройству и предназначенное для приема указанного первого потока 66 и его расширения до промежуточного давления 66a;

(15) смешивающее устройство, подключенное к указанному третьему расширительному устройству 26 и указанному теплообменному устройству 31 и предназначенное для приема указанного расширенного первого потока 66a и охлажденного потока жидкого кубового продукта 78b и формирования смешанного потока 79;

(16) третье охлаждающее устройство 27, подключенное к указанному смешивающему устройству и обеспечивающее прием указанного смешанного потока 79 и его охлаждение 79a;

(17) четвертое расширительное устройство 40, подключенное к указанному третьему охлаждающему устройству 27 и предназначенное для приема указанного охлажденного смешанного потока 79a и его расширения до указанного более низкого давления 79b, при этом указанное четвертое расширительное устройство 40 дополнительно подключено к первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу указанного расширенного охлажденного смешанного потока 79b в верхнюю точку подачи сырья первой ректификационной колонны 28;

(18) первое устройство управления, предназначенное для регулирования объемов и температуры указанных сырьевых потоков 72b, 76, поступающих во вторую ректификационную колонну 32, таким образом, чтобы поддерживать температуру в верхней секции указанной второй ректификационной колонны 32, при которой указанный поток шлемовых паров 73 в основном содержит углеводородные компоненты C₃ и более летучие компоненты, а указанный поток 78 жидкого кубового продукта в основном содержит углеводородные компоненты C₄-C₅;

(19) второе устройство управления, предназначенное для регулирования объема и температуры указанных сырьевых потоков 67a, 63a, 77a, 79b, направляемых в первую ректификационную колонну 28, таким образом, чтобы поддерживать температуру в верхней секции указанной первой ректификационной колонны, при которой из потока извлекается основная часть указанных менее летучих компонентов 71b.

12. Установка по п.8, отличающаяся тем, что:

(1) указанное второе охлаждающее устройство 34 предназначено для охлаждения указанного потока шлемовых паров 73 в достаточной степени для его частичной конденсации 73a;

(2) устройство сепарации 35 подключено к указанному второму охлаждающему устройству 34 и предназначено для приема указанного частично конденсированного потока шлемовых паров 73a и его разделения на поток 74 остаточного пара и указанный поток конденсата 75;

(3) указанное разделительное устройство подключено к указанному устройству сепарации 35 и предназначено для приема указанного потока конденсата 75; и

(4) указанное устройство сепарации 35 подключено к указанной первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу указанного потока остаточного пара 74, 74a в первую ректификационную колонну 28, во вторую точку подачи сырья в нижней части колонны, расположенную ниже указанной зоны, в которой к ректификационной колонне 28 подключено указанное устройство удаления конденсата, которое производит отбор указанного потока отгонного конденсата 72.

13. Установка по п.9, отличающаяся тем, что:

(1) указанное второе охлаждающее устройство 34 предназначено для охлаждения указанного потока шлемовых паров 73 в достаточной степени для его частичной конденсации 73a;

(2) второе устройство сепарации 35 подключено к указанному второму охлаждающему устройству 34 и предназначено для приема указанного частично конденсированного потока шлемовых паров 73a и его разделения на поток 74 остаточного пара и указанный поток конденсата 75;

(3) указанное разделительное устройство подключено к указанному второму устройству сепарации 35 и предназначено для приема указанного потока конденсата 75; и

(4) указанное второе устройство сепарации 35 подключено к указанной первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу указанного потока остаточного пара 74, 74a в первую ректификационную колонну 28, во вторую точку подачи сырья в нижней части колонны, расположенную ниже указанной зоны, в которой к ректификационной колонне 28 подключено указанное устройство удаления конденсата, которое производит отбор указанного потока отгонного конденсата 72.

14. Установка по п.10, отличающаяся тем, что:

(1) указанное второе охлаждающее устройство 34 предназначено для существенного охлаждения указанного потока шлемовых паров 73 в достаточной степени для его частичной конденсации 73a;

(2) устройство сепарации 35 подключено к указанному второму охлаждающему устройству 34 и предназначено для приема указанного частично конденсированного потока шлемовых паров 73a и его разделения на поток 74 остаточного пара и указанный поток конденсата 75;

(3) указанное второе разделительное устройство подключено к указанному устройству сепарации 35 и предназначено для приема указанного потока конденсата 75;

(4) указанное устройство сепарации 35 подключено к указанной первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу указанного потока остаточного пара 74, 74a в первую ректификационную колонну 28, во вторую точку подачи сырья в нижней части колонны, расположенную ниже указанной зоны, в которой к ректификационной колонне 28 подключено указанное устройство удаления конденсата, которое производит отбор указанного потока отгонного конденсата 72.

15. Установка по п.11, отличающаяся тем, что:

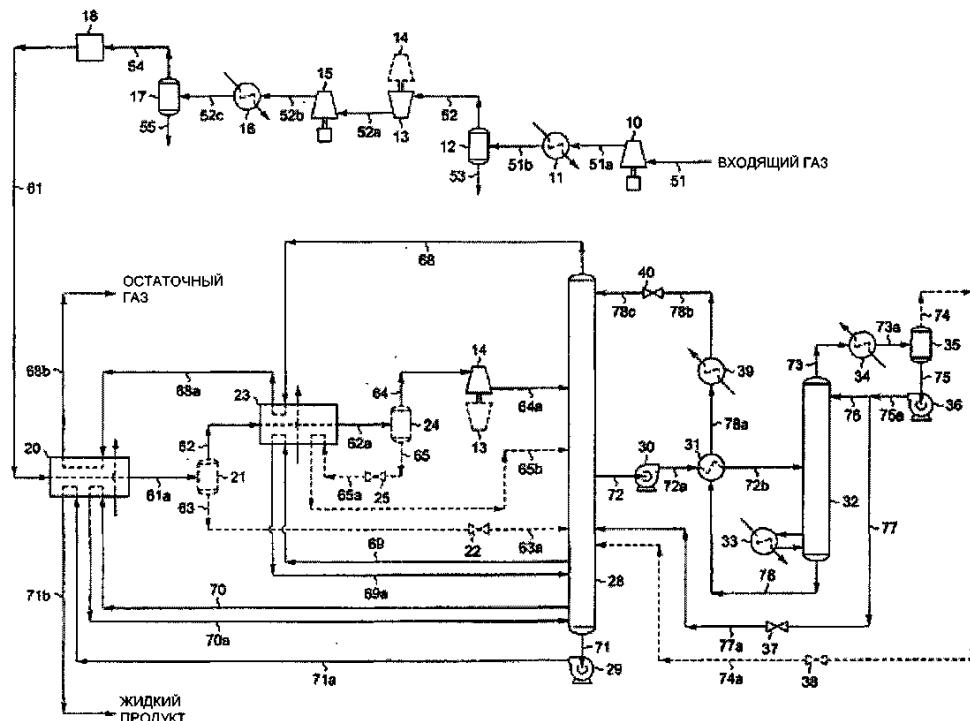
(1) указанное второе охлаждающее устройство 34 предназначено для существенного охлаждения указанного потока шлемовых паров 73 в достаточной степени для его частичной конденсации 73a;

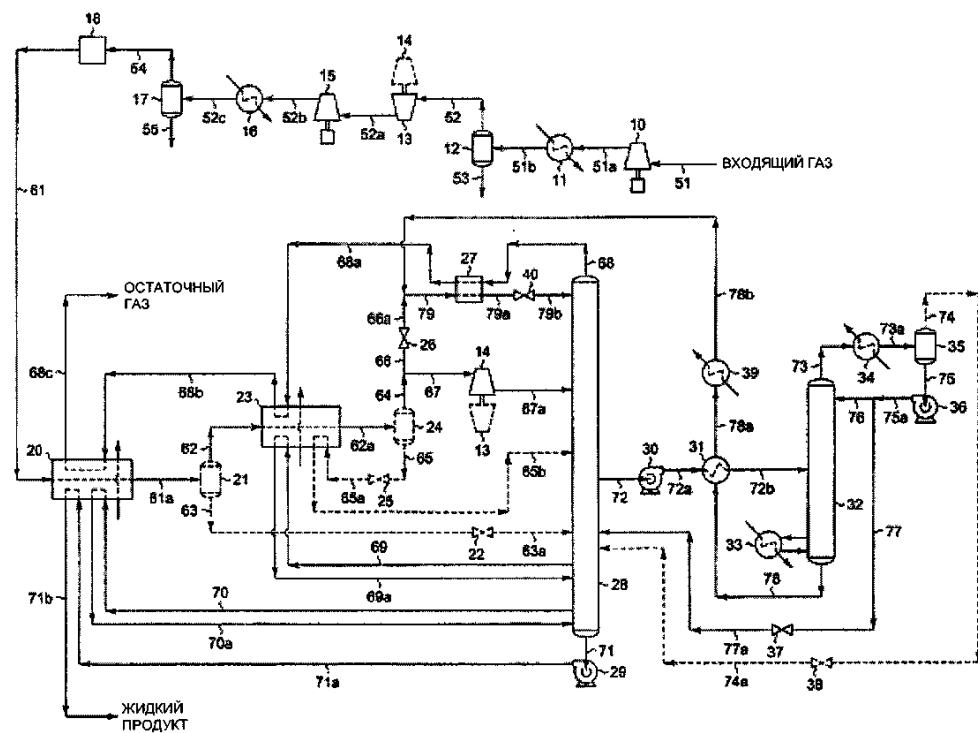
(2) второе устройство сепарации 35 подключено к указанному второму охлаждающему устройству 34 и предназначено для приема указанного частично конденсированного потока шлемовых паров 73a и его разделения на поток 74 остаточного пара и указанный поток конденсата 75;

(3) указанное второе разделительное устройство подключено к указанному второму устройству сепарации 35 и предназначено для приема указанного потока конденсата 75;

(4) указанное второе устройство сепарации 35 подключено к указанной первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу указанного потока остаточного пара 74, 74a в первую ректификационную колонну 28, во вторую точку подачи сырья в нижней части колонны, расположенную ниже указанной зоны, в которой к ректификационной колонне 28 подключено указанное устройство удаления конденсата, которое производит отбор указанного потока отгонного конденсата 72.

16. Установка по пп.9, 11, 13 или 15, отличающаяся тем, что теплообменное устройство 23 подключено к указанному второму расширительному устройству 25 и предназначено для приема указанного расширенного потока конденсата 65a и его нагрева 65b, при этом указанное теплообменное устройство дополнительно подключено к указанной первой ректификационной колонне 28 и обеспечивает подачу указанного нагретого расширенного потока конденсата в указанную нижнюю точку подачи сырья средней секции указанной первой ректификационной колонны.





Фиг. 2