

Эта заявка имеет приоритет предварительной заявки на патент США 60/667002, которая была подана 30 марта 2005.

### **Область изобретения**

Область изобретения представляет собой регазификацию и использование СПГ, и в особенности использование холода СПГ (сжиженного природного газа) от регазификации в перерабатывающих установках и электростанциях.

### **Уровень техники изобретения**

В то время как природный газ стал экономически привлекательным товаром, сжижение и регазификация представляют собой значительно энергоемкие процессы. Во многих примерах сжижение природного газа требует приблизительно 230 кВт на каждый миллион нормальных кубических футов в сутки природного газа высокого давления, что соответствует приблизительно 280 МВт мощности на установку для сжижения 1200 млн нормальных кубических футов в сутки. С другой стороны, регазификация 1200 млн нормальных кубических футов в сутки СПГ требует приблизительно 750 млн БТЕ/ч тепловой нагрузки.

Наиболее типично тепловая нагрузка обеспечивается посредством теплообмена с морской водой, охлаждающей приблизительно 100000 галлонов в минуту морской воды при 15°F, или использования теплоты сгорания от 20 млн нормальных кубических футов в сутки топливного газа, что является эквивалентным приблизительно 1,5% импортного СПГ. К сожалению, влияние на экологию по любому сценарию, в особенности в течение длительных периодов является значительным. Таким образом, наиболее традиционные процессы регазификации СПГ являются энергетически неэффективными или часто проблематичными для окружающей среды. По меньшей мере, теоретически часть энергии, потребляемой при сжижении СПГ, может быть извлечена в приемочной станции СПГ, если СПГ используется, как холодильный агент, в оборудовании для переработки или как приемник отводимого тепла при выработке энергии. Действительно, имеются потенциально значительные синергии между выработкой энергии и регазификацией СПГ. Например, отходящее тепло из выпуска газовой турбины легко доступно, как источник тепла для регазификации СПГ. Аналогично, объединение с оборудованием для переработки, как например, с очистительной или химической установкой, может быть особенно выгодно, поскольку отходящее тепло из этого оборудования может быть использовано для регазификации СПГ.

Среди других известных устройств и способов описано в патентах США №№ 4036028 и 4231226, соответственно, объединение электростанции с регазификацией СПГ. Подобные конфигурации установки изложены в опубликованных заявках на патент US 2003/0005698, EP 0683847 и др. и WO 02/097252. В таких известных устройствах тепло для регазификации СПГ обычно обеспечивается посредством жидкого теплоносителя, который находится в теплообмене с всасываемым воздухом газовой турбины или выпуском дымового газа. Эти устройства улучшают эффективность цикла газовой турбины посредством повышения величины плотности входящего воздуха, посредством этого увеличивая его выходную мощность и эффективность. Однако такие способы регазификации СПГ рассчитаны по теплосодержанию всасываемого воздуха газовой турбины для нагревания СПГ, что не может быть доступно в течение зимних месяцев, особенно в более холодном климате. Поэтому дополнительное нагревание посредством традиционных способов часто является необходимым.

Таким образом, в то время как все или почти все такие улучшенные устройства и способы обеспечивают, по меньшей мере, некоторые преимущества по сравнению с ранее известными конфигурациями, различные недостатки все еще остаются. Между прочим, большинство известных способов оказывается не в состоянии обеспечивать непрерывные источники нагревания для регазификации СПГ и поэтому рассчитаны на дополнительное нагревание. Поэтому все еще имеется потребность в улучшенных устройствах и способах термического объединения с регазификацией СПГ.

### **Сущность изобретения**

Настоящее изобретение направлено на устройства и способы объединенных установок, в которых энергетические требования для колонны (и, в частности, конденсации верхнего погона и тепловой нагрузки ребойлера), и особенно для разделителя углеводородов обеспечиваются посредством работы регазификации СПГ и/или извлечения тепла из секции выработки энергии рассматриваемых установок.

В одном варианте изобретения установка включает разделитель углеводородов, имеющий ребойлер и конденсатор верхнего погона (разделитель углеводородов отделяет материалы с приблизительно близкими точками кипения [например, парафин (например, пропан C3) от его аналога олефина (например, пропилен C3=)]). Первый контур теплообмена термически соединен с потоком сжиженного природного газа и разделителем углеводородов, так что холодосодержание от потока сжиженного природного газа обеспечивается в конденсаторе верхнего погона посредством первого жидкого теплоносителя, и второй контур теплообмена термически соединен с источником тепла, разделителем углеводородов и потоком сжиженного природного газа, так что тепло из источника тепла передается ребойлеру и потоку сжиженного природного газа посредством второго жидкого теплоносителя.

Поэтому в другом варианте изобретения способ работы разделителя углеводородов будет включать стадию обеспечения холодопроизводительности в конденсаторе верхнего погона разделителя углеводородов, используя первый жидкий теплоноситель, который охлаждается посредством сжиженного природ-

ного газа. На дальнейшей стадии второй жидкий теплоноситель, который нагревается посредством источника тепла и охлаждается посредством сжиженного природного газа, обеспечивает тепловую нагрузку ребойлера разделителя углеводородов. С точки зрения другой перспективы, способ работы установки, содержащий секцию выработки энергии и секцию регазификации сжиженного природного газа, может включать стадию использования холодосодержания сжиженного природного газа, чтобы обеспечить тепловую нагрузку конденсации верхнего погона колонны, и дополнительную стадию использования тепла от секции выработки энергии, чтобы обеспечить тепловую нагрузку ребойлера колонны, чтобы посредством этого регазифицировать сжиженный природный газ.

В особенно предпочтительных вариантах источником тепла является охладитель всасываемого воздуха, установка для извлечения тепла, теплообменник дымового газа, огневой подогреватель и/или теплообменник морской воды, и разделитель углеводородов представляет собой разделитель С3 (отделение пропана от пропилена) и/или разделитель С2 (отделение этана от этилена). Обычно разделитель углеводородов имеет такую конфигурацию, чтобы работать при давлении менее чем 100 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс, и наиболее обычно при давлении между приблизительно 30 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс. и приблизительно 60 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс. В дальнейших в общем предпочтительных вариантах, первый контур теплообмена имеет такую конфигурацию и соединен с потоком сжиженного природного газа, так что поток сжиженного природного газа нагревается от температуры приблизительно -250°F до температуры приблизительно от -100 до -60°F, и/или второй контур теплообмена имеет такую конфигурацию и соединен с потоком сжиженного природного газа, так что поток сжиженного природного газа нагревается от температуры приблизительно от -100 до -60°F до температуры приблизительно 40°F.

Дополнительно рассматриваемые установки могут также включать разделительную колонну, которая находится в сообщении по текучей среде с разделителем, так что разделительная колонна обеспечивает остаточный продукт в разделитель. По меньшей мере, в некоторых из этих вариантов осуществления, разделительная колонна дополнительно включает конденсатор орошения, который термически соединен с первым контуром теплообмена. Поэтому холодосодержание СПГ используется, чтобы обеспечить холодопроизводительность по меньшей мере в две колонны. Предпочтительно в таких конфигурациях разделитель углеводородов представляет собой разделитель С3, и разделительная колонна представляет собой дезтанизатор.

Различные задачи, отличительные признаки, варианты и преимущества настоящего изобретения станут более очевидными из следующего подробного описания предпочтительных вариантов осуществления изобретения.

#### **Краткое описание чертежей**

Фиг. 1 представляет собой одну примерную конфигурацию в соответствии с предметом изобретения.

Фиг. 2 - другую примерную конфигурацию в соответствии с предметом изобретения.

Фиг. 3 по известному уровню техники представляет собой примерную известную конфигурацию для работы с разделителем С3.

#### **Подробное описание**

Было обнаружено, что СПГ может быть регазифицирован в установке, имеющей конфигурацию, в которой один или более процессов очистки и/или схем выработки энергии обеспечивает непрерывный источник тепла для регазификации. Наиболее предпочтительно регазификация СПГ достигается, используя по меньшей мере две ступени нагревания, в которых первая ступень нагревания использует жидкий теплоноситель, который термически соединен с очистительным компонентом (и в особенности с конденсатором верхнего погона), и в которых вторая ступень нагревания использует другой жидкий теплоноситель, который термически соединен с компонентом выработки энергии (и в особенности с охладителем всасываемого воздуха и/или теплообменником дымового газа).

Например, в одном предпочтительном варианте терминал регазификации термически соединен с разделителем углеводородов, и в особенности с разделителем С3 на очистительной установке, чтобы произвести продукты С3 (пропан) и С3= пропилен), в то время как разделитель С3 вырабатывает холодильный агент для охлаждения входящего воздуха газовой турбины для выработки энергии. Дополнительно регазификация СПГ может быть дополнительно термически соединена с дезтанизатором и разделителем С2. Альтернативно, в другом предпочтительном варианте и с точки зрения другой перспективы, два контура теплопередачи могут быть использованы. Один контур использует холод СПГ, чтобы обеспечить охлаждение в конденсатор(ы) орошения термически соединенного разделителя С3 и/или дезтанизатора, в то время как другой контур использует тепло, извлеченное из всасываемого воздуха газовой турбины и выпускной трубы, чтобы обеспечить нагревание в ребойлер разделителя С3 и испарителей СПГ. Необходимо отметить, что объединение с разделителем С3 (пропан/пропилен) обеспечит значительные сбережения энергии и капитальных затрат, особенно там, где большой расход тепла на образование орошения в конденсаторе может быть обеспечен посредством холодосодержания СПГ.

В таких конфигурациях необходимо специально оценить, что используя низкие температуры от СПГ, разделитель С3 может работать при более низких температурах и при значительно более низком давлении, в то время как ребойлер разделителя С3 дополнительно отводит охлаждение более низкого

уровня от частично нагретого СПГ, что может быть использовано, чтобы охладить входящий воздух газовой турбины для выработки энергии. Поэтому необходимо признать, что в рассматриваемых конфигурациях один или более контуров теплопередачи на установке (например, между установкой регазификации СПГ, очистительной секцией и секцией выработки энергии) значительно увеличивает общий тепловой КПД. Один и тот же жидкий теплоноситель или различные жидкие теплоносители могут быть использованы в теплопередаче между различными операциями.

Одна особенно предпочтительная установка в соответствии с изобретением изображена на фиг. 1, в которой разделитель С3 термически объединен с электростанцией и установкой для регазификации СПГ. Вообще предпочтительно, чтобы такие установки включали по меньшей мере два отдельных контура теплопередачи, в которых первый контур использует холод СПГ, чтобы отделить С2 от С2= в разделителе С2 и/или С3 от С3= в разделителе С3, посредством обеспечения охлаждения к конденсаторам орошения разделителя С2 или С3, и к деэтанализатору, в то время как второй контур использует тепло, извлеченное из входящего воздуха газовой турбины и выпускной трубы, чтобы обеспечить нагревание ребойлера разделителя С2 или С3 и испарителей СПГ. Один и тот же жидкий теплоноситель или различные жидкие теплоносители могут использоваться в теплопередаче между различными установками.

Здесь поток 1 СПГ обычно при производительности приблизительно 500 млн нормальных кубических футов в сутки нагнетается посредством насоса 51 СПГ до давления в трубопроводе приблизительно 1250 фунтов дюйм<sup>2</sup> абс, образуя поток 2. СПГ затем нагревается в теплообменнике 52 и теплообменнике 54 с использованием двух контуров теплопередачи. Наиболее предпочтительно теплоноситель для обоих контуров является незамерзающим при соответствующих СПГ (криогенных) температурах и имеет благоприятные характеристики теплопередачи. Примерный подходящий теплоноситель включает смеси гликоль-вода или многокомпонентные смеси, хорошо известные в этой области техники. В конфигурации на фиг. 1 СПГ нагревается в теплообменнике 52 от приблизительно -250°F до приблизительно от -100 до -60°F, образуя поток 3, используя поток 13 первого контура теплопередачи. СПГ далее нагревается в теплообменнике 54 от приблизительно от -100 до -60°F до приблизительно 40°F, образуя поток 4, используя поток 14 второго контура теплопередачи. Часть испаренного продукта, поток 5, используется, как топливный газ для газовой турбины, в то время как остаток подается, как поток 6, в трубопровод или другое приемное оборудование. Как используется здесь, термин «приблизительно» в сочетании с числом относится к диапазону +/-10% (включительно) от этого числа. Например, термин «приблизительно 200 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс.» относится к диапазону от 180 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс. до 220 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс., включительно. Точно так же термин приблизительно от -100 до -40°F относится к диапазону температур между -110 и -36°F.

Разделитель 66 С3 фракционирует поток 29 подачи (обычно от подачи нефтезаводского газа) на поток 34 верхнего погона (С3=) и поток 33 отстоя (С3). Необходимо отметить, что посредством использования СПГ, как холодильного агента, традиционный паровой компрессор (152 на фиг. 3 по известному уровню техники) не требуется. Необходимо далее в особенности отметить, что разделитель С3 может работать при значительно более низком давлении, обычно при приблизительно 40 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс. или ниже (по сравнению с 150 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс. и выше в проекте по известному уровню техники), что существенно улучшает эффективность фракционирования. При более низком давлении и температуре относительная испаряемость между С3 и С3= увеличивается, приводя в результате к более эффективному разделению, требующему более низких затрат энергии. При благоприятных термодинамических характеристиках число тарелок ректификационной колонны может также быть уменьшено более, чем на 30%, значительно понижая стоимость установки разделителя.

В разделителе С3 поток 34 верхнего погона конденсируется в конденсаторе 68 до приблизительно -10°F и 40 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс, образуя поток 35, использующий поток 9 первого контура теплопередачи (посредством этого образуя поток 13), который нагнетается посредством насоса 53. Поэтому тепловая нагрузка конденсатора обеспечивается посредством циркулирующего теплоносителя 9, который нагревается в теплообменнике 68, чтобы образовать поток 13, который затем охлаждается посредством СПГ в теплообменнике 52, чтобы посредством этого образовать поток 7. Необходимо отметить, что температура подачи первого теплоносителя может быть такой низкой, как приблизительно -40°F, что выгодно уменьшает поверхность теплообмена и стоимость конденсатора 68. Поток 49 верхнего погона отделяется от сборника 69 орошающей фракции и нагнетается посредством насоса 70 орошения, вырабатывая поток 36 орошения в разделитель С3 и поток 37 продукта С3=. Ребойлер 67 разделителя С3 снабжен вторым контуром теплопередачи, который использует тепло от охладителя 56 входящего дымового газа газовой турбины и от теплообменника 60 выпуска газовой турбины. Второй контур нагревания также снабжает теплом второй теплообменник 54 СПГ.

Отстой разделителя С3 обычно поддерживается при температуре приблизительно 18°F и давлении приблизительно 55 фунтов дюйм<sup>2</sup> абс. Тепловая нагрузка ребойлера разделителя С3 обеспечивается посредством потока 21 второго контура теплопередачи, который нагревается посредством охладителя 56 входящего воздуха газовой турбины и теплообменника 60 выпуска газовой турбины. Поток 21 охлаждается от приблизительно 60°F до приблизительно 28°F, чтобы образовать поток 16, при этом поток 21 обеспечивает нагревание ребойлера 67 и затем объединяется с потоком 15 из теплообменника 54, образуя

поток 17 при приблизительно 38°F. Смешанный поток затем нагнетается посредством циркуляционного насоса 55, образующего поток 18, который используется, чтобы охладить вход в газовую турбину в теплообменнике 56 (и таким образом образует поток 19). Входящий воздух 22 охлаждается обычно от приблизительно 80 до приблизительно 45°F в теплообменнике 56, образуя поток 23. В этой точке большая часть влагосодержания воздуха конденсируется и удаляется из сепаратора 57, как поток 24, который может быть использован, чтобы обеспечить требование к свежей воде для установки парового котла. Поток 25 охлажденного воздуха затем подается в газовую турбину 58/59 для выработки энергии.

Когда воздух охлаждается до такой относительно низкой температуры, массовая плотность воздуха возрастает значительно, приводя в результате к увеличению массового расхода воздуха (поскольку газовые турбины работают при постоянном объемном расходе), впоследствии увеличивая выходную мощность газовой турбины. Далее, более холодная температура воздуха также понижает расход энергии секции 58 компрессора газовой турбины, увеличивая эффективность выработки энергии газовой турбиной (Brayton цикл). Обычно на каждое от 3 до 4°F понижение температуры всасываемого воздуха выходная мощность электростанции увеличивается приблизительно на 1%. Когда температура окружающей среды понижается от 100°F до 40°F, при работе летом выходная мощность электростанции традиционного объединенного цикла может быть повышена более, чем на 15%. Такое увеличение выходной мощности представляет собой значительное увеличение дохода от энергии, в особенности летом, когда имеют место пики потребительского спроса и электричество может быть продано выше номинальной стоимости. Выпуск 26 турбины затем охлаждается посредством потока 19 второй среды в теплообменнике 60, чтобы образовать охлажденный выпуск 27 и нагретый поток 20 среды, по меньшей мере часть которого затем обеспечивает тепло для ребойлера 67. Оставшаяся часть направляется в теплообменник (обычно, испаритель) 54, как поток 14.

Необходимо отметить, что подобная конфигурация также применима к разделителю C2 для даже более высоких сбережений энергии. В таких конфигурациях разделитель C2 будет в общем работать при более низких температурах, чем разделитель C3. Обычно разделитель C2 верхнего погона поддерживается при приблизительно -40°F или ниже, по сравнению с приблизительно 20°F в разделителе C3. При применении к разделителю C2 низкая температура СПГ может быть более эффективно использована. Точно так же тепловая нагрузка ребойлера разделителя C2 может быть использована, чтобы охладить вход в газовую турбину в охладителе входа, подобно конфигурации для разделителя C3, показанного выше.

Там, где желательно, разделителю C3 может также предшествовать дезаэризатор, как изображено на фиг. 2. Здесь поток 28 подачи (содержащий C2, C3= и C3) подается в дезаэризатор 61, который производит поток 30 верхнего погона этана и смешанный поток 29 отстоя C3= и C3. Поток 29 отстоя затем подается в расположенный ниже по потоку разделитель 66 C3. В таких установках поток 30 верхнего погона дезаэризатора охлаждается и конденсируется в теплообменнике 63 верхнего погона, образуя поток 31 с холодопроизводительностью, обеспечиваемой посредством части потока 10 первого контура теплопередачи, посредством этого образуя поток 12. Охлажденный таким образом поток верхнего погона затем разделяется в сепараторе 64 на поток 101 продукта C2 и поток 32 орошения, который нагнетается посредством насоса 65, возвращаясь к дезаэризатору. Что касается оставшегося компонента на фиг. 2, то он был раскрыт ранее со ссылкой на фиг. 1 с использованием тех же самых ссылочных позиций.

Необходимо отметить, что в рассматриваемых установках секция выработки энергии разделитель C3 (или другой компонент в очистительной секции) и установка регазификации СПГ термически соединены так, что отходящее тепло от выпуска газовой турбины может быть дополнительным источником тепла для испарения СПГ и тепловой нагрузки ребойлера разделителя C3. Альтернативно или дополнительно, СПГ может также быть использован в охлаждении и/или как холодильный агент в дезаэризаторе и разделителе C2=, дополнительно уменьшая требование к охлаждению очистительного комплекса. Таким образом, в подобных конфигурациях объединение импортного СПГ с очистительным комплексом и электростанцией может быть экономически привлекательным. Необходимо далее признать, что C3= представляет собой структурообразователь для полипропилена, который в настоящее время является наиболее быстро растущим термопластом. Использование термически соединенного разделителя C3 с СПГ может производить высококачественные продукты C3=, которые могут быть использованы, как исходное сырье для производства полипропилена, без использования традиционных способов фракционирования, как например, повторное сжатие пара или другие традиционные способы фракционирования для производства потока C3= высокой чистоты.

Напротив, известные в настоящее время конфигурации разделителя C3 не будут обычно достигать этих и других преимуществ. Известная конфигурация установки с разделителем C3 изображена на фиг. 3 по известному уровню техники, и обычный материальный баланс блока разделителя C3 для производства из 13000 баррелей в сутки полимера сорта C3= (чистота 99,5%) показан в таблице ниже.

Таблица

МОЛЬНЫЕ %	ПОДАЧА	СЗ	СЗ=
СЗ	0,300	0,9549	0,005
СЗ=	0,700	0,0451	0,995
Стандартные Баррели в сутки	20000	7000	13000

В установке на фиг. 3 поток 29 подачи представляет собой продукт деэтанатора из расположенного выше по потоку деэтанатора, обычно содержащий приблизительно 30% СЗ и приблизительно 70% СЗ=. Большое количество тарелок (обычно 240) типично требуется для разделителя СЗ в связи с трудностью отделения СЗ= от СЗ, что главным образом диктуется очень близкой относительной испаряемостью между компонентами СЗ и СЗ= при температурах окружающего верхнего погона. Кроме того, производство высокочистого (чистота 99,5%) продукта СЗ=, чтобы удовлетворить требования к качеству полимеров, также требует более высоких тепловых нагрузок ребойлера и конденсатора.

Здесь разделитель 66 СЗ фракционирует поток подачи на поток 34 верхнего погона (СЗ=) при приблизительно 70°F и приблизительно 150 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс, и поток 33 отстоя (СЗ) при приблизительно 90°F и приблизительно 165 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс. Разделитель орошается потоком 36, который вырабатывается установкой для сжатия пара. Поток 108 пара мгновенного испарения из сепаратора 69 объединяется с потоком 34 верхнего погона разделителя СЗ, образуя поток 101, который сжимается посредством парового компрессора 152 до приблизительно 250 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс, образуя поток 102 выходящего пара. Обычно приблизительно 8000 ЛС требуется для парового компрессора пара для установки с разделителем СЗ на 20000 баррелей в сутки. Поток 102 пара конденсируется при приблизительно 100°F посредством обеспечения тепловой нагрузки ребойлера 67. Для управления температурой часть пара (поток 104) охлаждается охлаждающей водой в теплообменнике 151, образуя поток 105, который объединяется с охлажденным потоком из теплообменника 67. Образованный таким образом объединенный поток 106 разрезается в вентиле 153 JT до приблизительно 150 фунтов на дюйм<sup>2</sup> абс, образуя поток 107. Эффект JT охлаждает поток 107 до приблизительно 75°F. Жидкости затем разделяются в сепараторе 69, как поток 49 жидкости, который нагнетается посредством насоса 70, чтобы обеспечить орошение в разделителе СЗ, как поток 36. Оставшаяся жидкость отводится как поток 37 продукта СЗ=. Необходимо отметить, что в то время как такие конфигурации обычно обеспечивают нормальное разделение соединений СЗ, значительные количества энергии должны быть вложены. Более того, существенные затраты на оборудование типично необходимы, если относительно чистый СЗ= является желаемым в связи с относительно большим числом тарелок. Там, где такие установки с разделителем СЗ отделены от установки для регазификации СПГ, термическое соединение регазификации СПГ и разделения СЗ обычно не реализуется.

Напротив, использование холода СПГ для орошения разделителя СЗ в рассматриваемых конфигурациях обеспечивает возможность работы ректификационной колонны при существенно более низком давлении, чем в традиционных установках, что значительно улучшает эффективность фракционирования. Более низкое давление в колонне повышает разницу в относительной испаряемости между СЗ= и СЗ, приводя в результате к лучшему разделению, требуя меньшее количество тарелок ректификационной колонны и потребности в энергии. Поэтому и среди других преимуществ рассматриваемые конфигурации и способы значительно понижают капитальные и эксплуатационные расходы очистительного комплекса, в то же время исключая оборудование для сжатия пара в разделителе СЗ и понижая холодопроизводительность и теплопроизводительность деэтанатора и разделителя С2 традиционных конструкций. Кроме того, расход энергии, необходимый в противном случае для регазификации СПГ, в значительной степени и более типично полностью исключается.

Необходимо особенно отметить, что второй контур теплопередачи в предпочтительных конфигурациях использует теплосодержание входящего воздуха газовой турбины и/или ее выпуска, чтобы обеспечить требование ребойлера разделителя СЗ и теплопроизводительность регазификации СПГ. Таким образом, рассматриваемые конфигурации используют охлажденный контур теплопередачи, чтобы охладить всасываемый воздух газовой турбины. Далее второй охлажденный контур теплопередачи конденсирует большую часть влагосодержания из всасываемого воздуха, которая может быть извлечена, как подача свежей котловой воды (например, в паровую электростанцию). Необходимо также особенно отметить, что такая конфигурация охлаждения входа газовой турбины приводит в результате к увеличению выходной мощности и эффективности выработки энергии.

Среди других подходящих подаваемых газов рассматриваемые газы включают газы с заметным содержанием СЗ и СЗ=. Поэтому, холодосодержание от СПГ может быть использовано при разделении и очистке пропиленом от крекинг-газа (который может также содержать этан, этилен, пропилен, диметиловый эфир и один или более из пропана, ацетилена, метилацетилена, пропадиена, метана, водорода, окиси углерода, двуокиси углерода и компонентов С4+), обычно из очистительной установки FCC и/или установки для коксования. Там, где используется деэтанатор, вообще предпочтительно, чтобы деэтанизи-

рованный крекинг-газ подавался в разделитель С3, который термически соединен с первым контуром теплопередачи, который охлаждается посредством СПГ, и отстой ребойлера разделителя С3 нагревался посредством второго контура теплопередачи, который нагревается входящим воздухом газовой турбины и ее выпуском. Второй контур теплопередачи затем обеспечивает требуемое нагревание для испарителей СПГ. Дальнейшие подходящие подаваемые газы включают различные фракции ПГК (легкие углеводороды), частично очищенные (например, очищенные по меньшей мере на 30%, более предпочтительно по меньшей мере на 50%, наиболее предпочтительно по меньшей мере на 85%) газы С3, и так далее.

В еще дополнительно рассматриваемых вариантах изобретения необходимо отметить, что многочисленные альтернативные конфигурации для контуров теплопередачи могут также быть подходящими. Например, там, где подходит, два контура теплопередачи могут быть объединены в один контур, который направляется между секцией регазификации СПГ и по меньшей мере одной из очистительной секции и секции выработки энергии. С другой стороны, если желательно, одни или более дополнительных контуров теплопередачи могут быть добавлены к рассматриваемым конфигурациям, чтобы дополнительно улучшить тепловой КПД. Например, дополнительные контуры могут быть использованы, как резервные приемники отводимого тепла и/или источники тепла (например, чтобы компенсировать сезонные изменения температуры окружающей среды, или дополнительные холодные приемники отводимого тепла, как например, дополнительные конденсаторы и т.п.). Далее, дополнительные контуры могут быть предусмотрены там, где установка включает операции по расширению или переработке объема.

Точно так же необходимо признать, что различные источники тепла, отличные от охлаждения всасываемого воздуха и охлаждения дымового газа, являются подходящими для использования здесь, и особенно предпочтительные источники тепла включают установки HRSG, отходящее тепло высокого и низкого уровня от экзотермических процессов или иным образом нагретых потоков процесса, геотермальное тепло, теплота сгорания, и/или тепло окружающей среды (например, используя морскую воду или окружающий воздух). Далее подходящими альтернативными холодными приемниками отводимого тепла могут быть теплообменники подаваемого газа и другие различные конденсаторы (конденсатор верхнего погона, конденсатор парового цикла, и т.п.), и в общем все компоненты и/или потоки, обычно находящиеся на установке или секции для выработки энергии и/или очистительной установке или секции.

Дополнительные соображения и аспекты регазификации СПГ и переработки СПГ с различным составом и объединение электростанции со сжижением СПГ описаны в находящихся в процессе одновременного рассмотрения международных заявках, имеющих серийные номера PCT/US03/25372, PCT/US03/26805 и PCT/US05/24973, все из которых включены сюда посредством ссылки.

Таким образом, конкретные варианты осуществления и применения объединения разделителя С3 и выработки энергии были раскрыты. Для специалистов в этой области техники, однако, должно быть очевидно, что намного больше модификаций помимо тех, которые уже описаны, являются возможными, не выходя за пределы объема изобретения. Предмет изобретения поэтому не должен быть ограничен за исключением сущности прилагаемых пунктов формулы изобретения. Более того, при интерпретации как описания, так и пунктов формулы изобретения все термины должны интерпретироваться самым широким образом, совместимым с контекстом. В частности, термины «содержат» и «содержащий» должны быть интерпретированы, как относящиеся к элементам, компонентам или стадиям неисключительным способом, обозначая, что элементы, компоненты, или стадии, на которые делаются ссылки, могут присутствовать или использоваться, или объединяться с другими элементами, компонентами или стадиями, на которые не сделаны точные ссылки. Далее, когда определение или использование термина ссылки, которое включено сюда посредством ссылки, является несовместимым или противоречащим определению этого термина, приведенному здесь, применяется определение этого термина, приведенное здесь, и не применяется определение этого термина в ссылке.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Объединенная установка для регазификации сжиженного природного газа (СПГ) и разделения компонентов сопутствующего газа, содержащая  
разделитель углеводородов С<sub>2</sub> или С<sub>3</sub>, включающий в себя ребойлер и конденсатор верхнего погона,

первый контур теплообмена, в который включен конденсатор верхнего погона, при этом первый контур теплообмена выполнен с возможностью теплообмена жидкого теплоносителя с СПГ и охлаждения верхнего погона, и

второй контур теплообмена, в который включен ребойлер, причем второй контур теплообмена выполнен с возможностью теплообмена второго жидкого теплоносителя с источником тепла, СПГ и передачи тепла к ребойлеру.

2. Установка по п.1, в которой источник тепла выбран из группы, состоящей из охладителя всасываемого в турбину воздуха, установки для извлечения тепла, теплообменника дымового газа, огневого подогревателя и теплообменника морской воды.

3. Установка по п.1, в которой разделитель углеводородов представляет собой разделитель С<sub>2</sub>.

4. Установка по п.1, в которой разделитель углеводородов имеет конфигурацию, обеспечивающую работу при давлении до 100 фунтов/дюйм<sup>2</sup> абс.

5. Установка по п.1, в которой разделитель углеводородов имеет конфигурацию, обеспечивающую работу при давлении между 30 и 60 фунтов/дюйм<sup>2</sup> абс.

6. Установка по п.1, в которой первый контур теплообмена имеет такую конфигурацию, что способен нагревать поток сжиженного природного газа до температуры от -100 до -60°F.

7. Установка по п.1, в которой второй контур теплообмена имеет такую конфигурацию, что способен нагревать поток сжиженного природного газа от температуры от -100 до -60°F до температуры 40°F.

8. Установка по п.1, дополнительно содержащая разделительную колонну, связанную по потоку остаточного продукта с разделителем углеводородов.

9. Установка по п.8, в которой разделительная колонна дополнительно включает конденсатор орошения, который термически соединен с первым контуром теплообмена.

10. Установка по п.8, в которой разделитель углеводородов представляет собой разделитель C<sub>3</sub> и разделительная колонна представляет собой деэтансизатор.

11. Способ разделения углеводородов C<sub>2</sub> или C<sub>3</sub>, в котором охлаждают первый жидкий теплоноситель посредством сжиженного природного газа и подают в конденсатор верхнего погона разделителя углеводородов C<sub>2</sub> или C<sub>3</sub>,

нагревают второй жидкий теплоноситель посредством источника тепла и сжиженного природного газа и подают в ребойлер разделителя углеводородов C<sub>2</sub> или C<sub>3</sub>.

12. Способ по п.11, в котором источник тепла выбирают из группы, состоящей из охладителя всасываемого воздуха, установки для извлечения тепла, теплообменника дымового газа, огневого подогревателя и теплообменника морской воды.

13. Способ по п.11, в котором разделитель углеводородов представляет собой разделитель C<sub>2</sub>.

14. Способ по п.11, в котором разделитель углеводородов работает при давлении, не превышающем 100 фунтов/дюйм<sup>2</sup> абс.

15. Способ по п.11, в котором разделитель углеводородов работает при давлении между 30 и 60 фунтов/дюйм<sup>2</sup> абс.

16. Способ по п.11, в котором нагревают поток сжиженного природного газа до температуры от -100 до -60°F в первом контуре теплообмена.

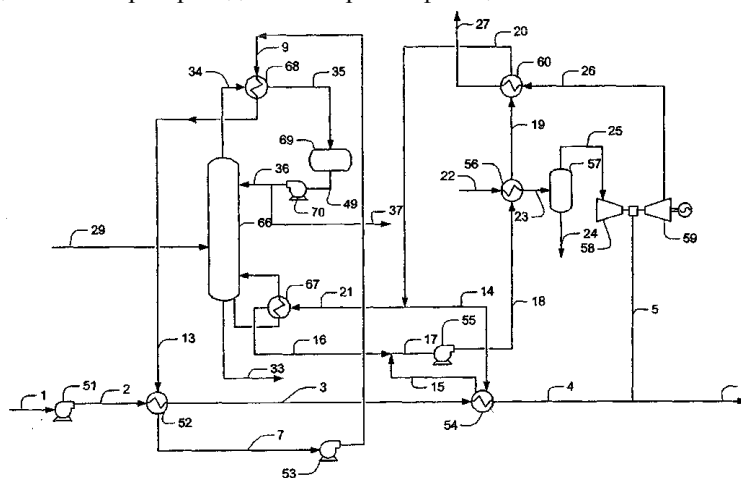
17. Способ по п.11, в котором нагревают поток сжиженного природного газа от температуры от -100 до -60°F до температуры 40°F во втором контуре теплообмена.

18. Способ по п.11, в котором поток углеводородов C<sub>2</sub> или C<sub>3</sub> предварительно подают в разделительную колонну, при этом остаточный продукт из нее подают в разделитель углеводородов.

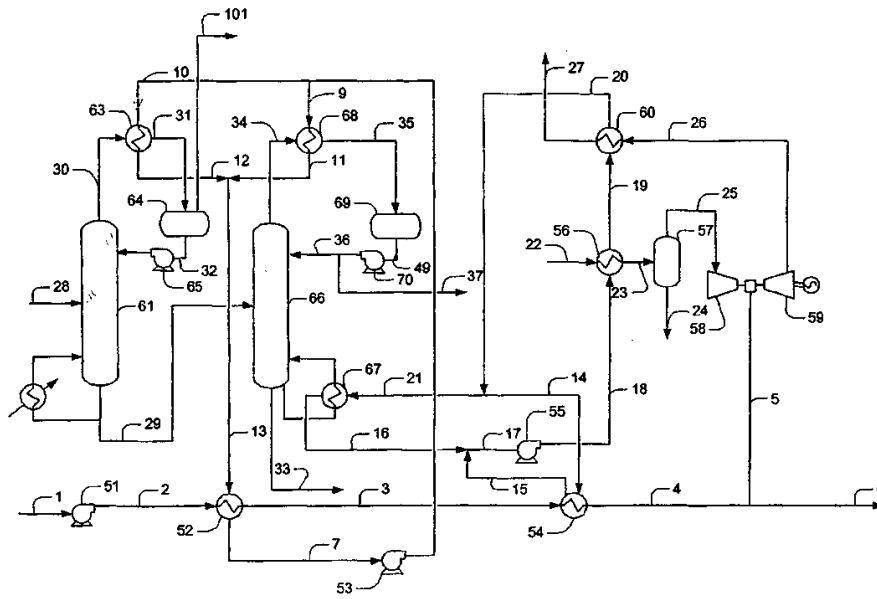
19. Способ по п.18, в котором используют разделительную колонну с конденсатором орошения, который термически соединен с первым контуром теплообмена.

20. Способ по п.18, в котором разделитель углеводородов представляет собой разделитель C<sub>3</sub> и разделительная колонна представляет собой деэтансизатор.

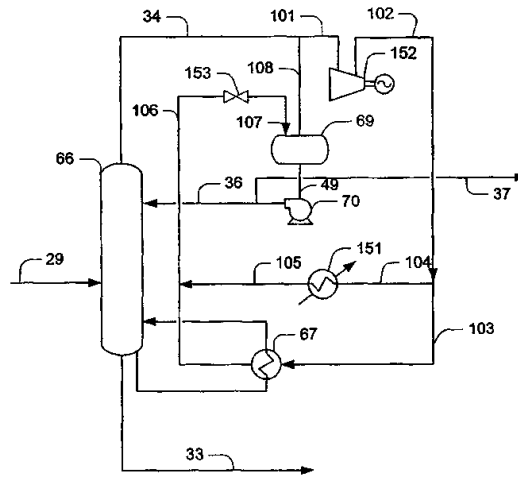
21. Способ регазификации СПГ с использованием установки по п.1, в котором охлаждают первый жидкий теплоноситель сжиженным природным газом и подают в конденсатор верхнего погона разделителя, нагревают второй жидкий теплоноситель посредством тепла от секции выработки энергии и подают в ребойлер разделителя, причем первый и второй жидкие теплоносители используют для нагрева сжиженного природного газа при проведении его регазификации.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3