

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202491333 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.10.29

(51) Int. Cl. G06Q 10/063 (2023.01)
F04B 49/06 (2006.01)
F04D 27/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.01.17

(54) СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И/ИЛИ УВЕЛИЧЕНИЯ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ
ПОД ДАВЛЕНИЕМ, СОДЕРЖАЩЕЙ ТРУБОПРОВОДНУЮ СЕТЬ ПОД ДАВЛЕНИЕМ
ПОД ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

(31) BE2022/5085

(72) Изобретатель:

(32) 2022.02.09

Гюенс Филиппе, Де Вос Филип, Ветс
Йерун (BE)

(33) BE

(86) PCT/IB2023/050395

(74) Представитель:

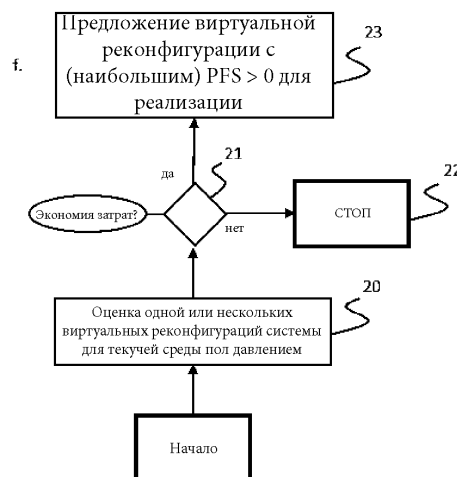
(87) WO 2023/152572 2023.08.17

Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатъев А.В., Дмитриев
А.В., Бельтюкова М.В. (RU)

(71) Заявитель:

АТЛАС КОПКО ЭЙРПАУЭР,
НАМЛЮЗЕ ВЕННОТСАП (BE)

(57) Предложен способ повышения эффективности системы (1) для текучей среды под давлением, которая содержит трубопроводную сеть (2), имеющую впускное отверстие (3) и множество выпускных отверстий (4), подвергающихся изменяющейся нагрузке, включающий оценку одной или нескольких виртуальных реконфигураций системы (1), при этом способ включает расчет потенциальной финансовой экономии (PFS), расчет которой возможно предполагает измерение давлений (P_{IN} , P_{POi}) в системе (1); оценку потенциальной финансовой экономии (PFS); и предложение пользователю одной или нескольких виртуальных реконфигураций для реализации при наличии положительной потенциальной финансовой экономии (PFS).



A1

202491333

202491333

A1

**СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И/ИЛИ УВЕЛИЧЕНИЯ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ
ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ, СОДЕРЖАЩЕЙ
ТРУБОПРОВОДНУЮ СЕТЬ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ПОД
ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ**

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[01] Настоящее изобретение относится к области систем для текучей среды под давлением, содержащих трубопроводную сеть под давлением, такую как пневматическая сеть. Такая система для текучей среды под давлением содержит трубопроводную сеть с по меньшей мере одним главным впускным отверстием, через которое текучая среда под давлением подается в трубопроводную сеть, например, с помощью машины для создания давления системы для текучей среды под давлением, такой как компрессор, и одно или большее количество выпускных отверстий, через которые текучая среда под давлением доставляется к одному или нескольким соответствующим пользовательским устройствам или инструментам, которые расположены в местоположениях пользователя, разнесенных друг от друга. Текучая среда под давлением, потребляемая различными пользовательскими устройствами или инструментами, меняется со временем, что приводит к динамической нагрузке на выпускных отверстиях трубопроводной сети.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[02] Во многих применениях текучая среда под давлением, в основном воздух под давлением, используется для приведения в действие определенных пользовательских устройств или инструментов с пневматическим и/или гидравлическим приводом, таких как производственные или сервисные инструменты, роботы, машины, тормоза и так далее.

[03] Эти инструменты с пневматическим и/или гидравлическим приводом могут представлять собой инструменты с ручным управлением,

такие как гаечные ключи с пневматическим и/или гидравлическим приводом, динамометрические инструменты, отвертки, дрели, шлифовальные, пескоструйные, полировальные машины, ударные инструменты, компрессионные инструменты, пневматические двигатели, домкраты, подъемные инструменты и так далее.

[04] В других случаях инструменты или машины представляют собой инструменты или машины с автоматическим манипулированием, такие как роботы-манипуляторы или роботы с пневматическим и/или гидравлическим приводом, или производственные стенды с компьютерным управлением, которые содержат инструменты или манипуляторы с пневматическим и/или гидравлическим приводом, автоматически выполняющие необходимые действия и движения.

[05] Количество энергии текучей среды под давлением, необходимой указанным инструментам или машинам, сильно различается от применения к применению. Различные типы инструментов или машин имеют разные номинальные, максимальные и минимальные потребности в мощности. Кроме того, во время одной операции с такой машиной или инструментом потребность в мощности варьируется в зависимости от нагрузки, оказываемой на машину или инструмент, или сопротивления, испытываемого машиной или инструментом.

[06] Несколько таких пользовательских устройств или инструментов, приводимых в движение текучей средой под давлением, часто используются одновременно в местоположениях, удаленных друг от друга на расстояния, которые могут быть большими или очень большими (до нескольких сотен метров или нескольких километров) или меньшими (метры или несколько десятков метров), в зависимости от применения.

[07] Например, на некоторых производственных предприятиях или сборочных линиях при производстве или сборке продукта требуются различные этапы обработки, которые выполняются на разных рабочих станциях, распределенных по всей площади предприятия или вдоль сборочной линии. Предварительно обработанные части продукта или полуфабрикаты передаются с рабочей станции на рабочую станцию до тех пор, пока не будет получен готовый продукт. Поэтому рабочие станции часто располагаются

последовательно в соответствии с последовательностью этапов обработки.

[08] Кроме того, в сервисных центрах или мастерских по техническому обслуживанию или ремонту машин или транспортных средств операторы сервисного обслуживания обычно работают одновременно на разных постах, распределенных по всему сервисному центру или мастерской, для ремонта или технического обслуживания соответствующей машины или транспортного средства.

[09] В строительной отрасли или на горнодобывающих предприятиях бригады часто работают в местоположениях, рассредоточенных и распределенных по строительной площадке или шахте, для выполнения зачастую довольно тяжелых задач.

[10] Для подачи текучей среды под давлением, обычно воздуха под давлением (сжатого воздуха), в различные местоположения пользователя, на посты, рабочие станции и т. д., где пользовательским устройствам или инструментам требуется текучая среда под давлением для приведения в действие инструментов или машин, обычно используется один источник или ограниченное количество источников текучей среды под давлением.

[11] Обычно таким источником текучей среды под давлением является машина для создания давления, которая создает давление в поступающей текучей среде, не находящейся под давлением, с получением выходящей текучей среды под давлением. Такой машиной для создания давления может быть, например, компрессор для сжатия воздуха при атмосферном давлении с получением воздуха при более высоком давлении. Машина для создания давления может также представлять собой насос или любую другую машину, с помощью которой можно создавать давление в текучей среде.

[12] Источником текучей среды под давлением также может быть комбинация машин для создания давления или комбинация машины для создания давления и сосуда под давлением, установленных последовательно друг за другом, и так далее.

[13] В другом примере также возможно, что источником текучей среды под давлением является не машина для создания давления, а существующий источник текучей среды под давлением, такой как вода в озере за заградительной плотиной.

[14] Чтобы соединить один источник или ограниченное количество источников текучей среды под давлением с различными пользовательскими устройствами и инструментами, которым нужна текучая среда под давлением и которые расположены на расстоянии друг от друга в разных местоположениях пользователя, таких как рабочие станции, сервисные посты, горнодобывающие площадки и т.д. обычно используется трубопроводная сеть.

[15] Эта трубопроводная сеть имеет по меньшей мере одно впускное отверстие, которое соединено с одним источником или ограниченным количеством источников текучей среды под давлением.

[16] Как правило, часть главного трубопровода проходит от впускного отверстия главного трубопровода. Эта часть главного трубопровода разветвляется на несколько ответвлений, которые также могут быть далее разветвлены на подответвления и так далее, в результате чего получается количество ответвлений и подответвлений, соответствующее количеству местоположений пользователя, в которые должна подаваться текучая среда под давлением.

[17] Эти ответвления и подответвления трубопровода заканчиваются выпускным отверстием трубопровода, причем соответствующие пользовательские устройства или инструменты в различных местоположениях пользователя подключаются к такому выпускному отверстию.

[18] Известно явление, что во время транспортировки текучей среды под давлением от впускного отверстия главного трубопровода такой трубопроводной сети к вышеупомянутому выпускному отверстию трубопровода происходит определенное падение давления.

[19] Падение давления, испытываемое на конкретном выпускном отверстии трубопровода, представляет собой разницу между давлением текучей среды, присутствующим на впускном отверстии главного трубопровода, и давлением текучей среды, имеющимся на соответствующем выпускном отверстии трубопровода.

[20] Это падение давления обычно различно для разных выпускных отверстий трубопровода, зависит от нескольких факторов и меняется со временем из-за изменения требований на выпускных отверстиях трубопровода

во время работы.

[21] Падение давления в основном вызвано потерями текучей среды на трение во время течения в трубе.

[22] Очень важным фактором, влияющим на указанное падение давления, является расход текучей среды или скорость текучей среды через соответствующий участок трубопровода.

[23] Еще одним фактором, играющим определенную роль, является вязкость текучей среды.

[24] Еще одним важным фактором, который влияет на падение давления между впускным отверстием главного трубопровода и конкретным выпускным отверстием трубопроводной сети, является длина соответствующего участка трубопровода между впускным отверстием главного трубопровода и соответствующим выпускным отверстием трубопровода.

[25] Другими факторами, влияющими на указанное падение давления, являются шероховатость трубопровода в его соответствующем участке, диаметр соответствующего участка трубопровода или изменения диаметра соответствующего участка трубопровода между впускным отверстием главного трубопровода и соответствующим выпускным отверстием трубопровода.

[26] Также важную роль играет количество изгибов соответствующего участка трубопровода, наличие в соответствующем участке трубопровода других механических компонентов, таких как клапаны, расходомеры, муфты и т. д.

[27] Еще одним фактором, который возможно влияет на давление или падение давления, является изменение давления текучей среды на впускном отверстии в главную трубу.

[28] Например, когда потребность в текучей среде под давлением на всех выпускных отверстиях трубопровода очень велика, возможно, что источник текучей среды под давлением не может удовлетворить эту общую потребность текучей среды под давлением на впускном отверстии главного трубопровода, и поэтому возможно, что давление текучей среды на этом впускном отверстии главного трубопровода временно снижается до тех пор,

пока потребность снова не будет соответствовать или не станет ниже мощности подачи текучей среды под давлением от источника текучей среды под давлением.

[29] Короче говоря, довольно сложно или почти невозможно точно предсказать изменение давления или падение давления на всех выпускных отверстиях трубопровода.

[30] Кроме того, важно понимать, что некоторым пользовательским устройствам или инструментам, подключенным к выпускному отверстию трубопроводной сети, для функционирования часто требуется минимально необходимое давление текучей среды на их впускном отверстии.

[31] Это означает, что давление на впускном отверстии главного трубопровода должно быть всегда достаточно высоким, чтобы, принимая во внимание падение давления в участках трубопровода на различных выпускных отверстиях трубопровода, все еще оставалось достаточное давление на каждом выпускном отверстии трубопровода и в каждом случае во время работы в разных местоположениях пользователя.

[32] Или, с другой точки зрения, падения давления, возникающие между впускным отверстием главного трубопровода и выпускными отверстиями трубопровода, не должны превышать определенного уровня, чтобы давление на выпускных отверстиях трубопровода все еще было достаточно высоким, подходящим для соответствующих инструментов, которым требуется текучая среда под давлением в этих выпускных отверстиях.

[33] Это выпускное давление в любом случае должно быть по меньшей мере выше в каждом таком местоположении пользователя, чем минимальное давление, необходимое в соответствующем местоположении пользователя, чтобы обеспечить подачу текучей среды под достаточно высоким давлением, чтобы соответствующие пользовательские устройства или инструменты могли продолжать адекватно работать, даже когда они используются с максимальной нагрузкой.

[34] Необходимое впускное давление на впускном отверстии главного трубопровода трубопроводной сети можно, например, определить теоретически путем расчета того, каким должно быть это необходимое

впускное давление в обстоятельствах, когда максимальная нагрузка прикладывается одновременно ко всем выпускным отверстиям трубопровода или местоположениям пользователя.

[35] Однако на практике такая ситуация максимальной нагрузки на трубопроводную сеть, при которой одновременно во всех местоположениях пользователя прикладывается максимальная нагрузка, никогда или почти никогда не будет иметь место.

[36] Действительно, в нормальных условиях во время работы текучая среда под давлением отбирается в течение определенных периодов времени у некоторых выпускных отверстий трубопровода, в то время как другие выпускные отверстия трубопровода остаются закрытыми. В другие периоды работы могут открыться другие выпускные отверстия трубопровода или закрыться некоторые из ранее открытых выпускных отверстий трубопровода.

[37] Более того, даже нагрузка, испытываемая на каждом из выпускных отверстий трубопровода при их нахождении в незакрытом положении, обычно меняется или колеблется в процессе работы, при этом такая нагрузка обычно не равна максимально допустимой нагрузке в течение всего времени работы.

[38] В результате необходимое давление на впускном отверстии, рассчитанное теоретически вышеупомянутым способом, на практике будет неоправданно высоким, что приведет к потерям энергии.

[39] Легко понять, что сложно определить, насколько высоким на практике должно быть впускное давление на впускном отверстии главного трубопровода, по меньшей мере во время работы, чтобы необходимую нагрузку можно было подключить на различных выпускных отверстиях трубопровода безопасным способом и без прерывания работы на любом из местоположений пользователя из-за отсутствия давления на выпускном отверстии соответствующего трубопровода.

[40] Очевидно, что, когда источник текучей среды под давлением, который обеспечивает необходимое впускное давление на впускном отверстии главного трубопровода трубопроводной сети, содержит машину для создания давления, такую как компрессор или насос, для приведения в действие машины для создания давления необходима энергия, например,

электрическая энергия. В этом случае впускное давление трубопроводной сети, конечно, такое же, как и выпускное давление машины для создания давления.

[41] Значительное количество энергии можно сэкономить, если снизить давление на выпускном отверстии машины для создания давления или давление на впускном отверстии в трубопроводную сеть и, следовательно, также можно значительно снизить затраты, связанные с поставкой энергии.

[42] В частности, следующая формула дает представление о снижении затрат, получаемом при применении снижения давления Δp на выпускном отверстии из машины для создания давления:

$$\text{Снижение затрат} = \left(\frac{\Delta p}{0.1}\right) \times V \times R_h \times 0,35 \times 0,007 \times C_e$$

[43] Различные параметры:

Δp = снижение давления на выпускном отверстии компрессора

V = объемный расход

R_h = часы работы

C_e = стоимость электроэнергии

[44] В соответствии с уровнем техники, еще не существует хорошего способа улучшения или оптимизации энергетической и экономической эффективности и/или увеличения эксплуатационных возможностей системы для текучей среды под давлением с трубопроводной сетью под давлением, которая подвергается изменяющейся нагрузке на большом количестве выпускных отверстий трубопроводной сети.

[45] В частности, не существует хорошо известного способа установки оптимизированного впускного давления на впускном отверстии главного трубопровода трубопроводной сети таким образом, чтобы оно было адаптировано к изменяющимся потребностям в текучей среде под давлением, возникающим в действительности на различных выпускных отверстиях трубопровода трубопроводной сети во время работы.

[46] Из вышеизложенного также ясно, что сама конструкция такой системы для текучей среды под давлением и ее трубопроводная сеть под давлением во многом влияют на падения давления, возникающие между впускным отверстием главного трубопровода и соответствующими выпускными отверстиями и, как следствие, на энергоэффективность или

энергозатратность системы для текучей среды под давлением, или наличие достаточно высокого давления на выпускных отверстиях трубопроводной сети, что влияет на ее эксплуатационные возможности.

[47] Например, падение давления, возникающее между впускным отверстием главного трубопровода и одним или несколькими выпускными отверстиями трубопровода, можно уменьшить за счет увеличения внутреннего диаметра части трубопроводной сети между главной трубой и соответствующим(и) выпускным(и) отверстием(ями) трубопровода.

[48] Другой способ уменьшения падения давления, возникающего между впускным отверстием главного трубопровода и одним или несколькими выпускными отверстиями трубопровода, путем изменения конструкции, заключается в включении локального сосуда под давлением в часть части трубопроводной сети между главным трубопроводом и соответствующим(и) выпускным(и) отверстием(ями) трубопровода.

[49] Падения давления в системе для текучей среды под давлением из-за потерь на трение в трубопроводах и других элементах трубопроводной сети могут быть уменьшены, а эффективность и/или эксплуатационные возможности системы могут быть увеличены другими способами, например, путем применения трубопроводов с пониженной шероховатостью, путем уменьшения изгибов и других элементов, ограничивающих расход в трубопроводной сети, путем уменьшения длины трубопроводов между опрессовочной машиной на впускном отверстии главного трубопровода и выпускными отверстиями трубопроводной сети и т.д.

[50] В соответствии с уровнем техники, не существует хорошего способа оценки возможных адаптаций существующей трубопроводной сети для оптимизации энергетической и экономической эффективности и/или увеличения эксплуатационных возможностей системы для текучей среды под давлением, в которую включена трубопроводная сеть под давлением.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[51] Настоящее изобретение направлено на создание способа оптимизации или повышения эффективности системы для текучей среды под давлением, такой как система сжатого воздуха, содержащая трубопроводную

сеть под давлением, которая подвергается изменяющейся нагрузке, конечно, для минимизации энергозатрат, связанных с прохождением текучей среды под давлением по трубопроводной сети.

[52] В частности, возможной целью настоящего изобретения является разработка способа, с помощью которого можно оценить падение давления, возникающее в существующей трубопроводной сети под давлением во время работы с трубопроводной сетью для доставки текучей среды под давлением к местоположениям пользователя, и поиск возможностей, с помощью которых необходимое впускное давление на впускном отверстии главного трубопровода трубопроводной сети может быть уменьшено.

[53] Другой возможной целью изобретения является разработка способа оценки возможных модификаций существующей трубопроводной сети системы для текучей среды под давлением, с помощью которого можно уменьшить падения давления или избежать отсутствия достаточно большого давления на выпускных отверстиях трубопровода для оптимизации энергетической и экономической эффективности и/или увеличения эксплуатационных возможностей рассматриваемой системы для текучей среды под давлением, при этом затраты на установку и финансовая выгода от снижения энергозатрат оцениваются относительно друг друга.

[54] С этой целью настоящее изобретение относится к способу повышения эффективности и/или увеличения эксплуатационных возможностей системы для текучей среды под давлением, которая содержит трубопроводную сеть под давлением, имеющую впускное отверстие главного трубопровода и множество выпускных отверстий трубопровода, которые расположены в местоположениях пользователя, расположенных на расстоянии друг от друга, при этом на впускном отверстии главного трубопровода трубопроводной сети впускное давление обеспечивают источником текучей среды под давлением системы для текучей среды под давлением, причем трубопроводную сеть подвергают воздействию изменяющейся нагрузки на выпускных отверстиях трубопровода из-за изменяющихся потребностей в текучей среде под давлением во время работы пользовательских устройств или инструментов, подключенных к выпускным отверстиям трубопровода в местоположениях пользователя, при этом способ

включает оценку одной или нескольких виртуальных реконфигураций системы, которая включает:

- расчет потенциальной финансовой экономии (PFS) за счет повышения энергоэффективности или снижения энергопотребления, вызванного такой реконфигурацией системы, в сравнении с затратами на реконфигурацию системы, что возможно предполагает измерение давлений в системе;

- оценку потенциальной финансовой экономии (PFS); и

- предложение пользователю одной или нескольких виртуальных реконфигураций для реализации при наличии положительной потенциальной финансовой экономии (PFS).

[55] Большим преимуществом такого способа в соответствии с изобретением является то, что он позволяет улучшить или оптимизировать эффективность и/или увеличить эксплуатационные возможности системы для текущей среды под давлением путем выполнения некоторых вычислений, например, с помощью компьютера или других электронных средств, в отношении возможных виртуальных реконфигураций трубопроводной сети или системы для текущей среды под давлением, чтобы спрогнозировать потенциальную финансовую экономию, которую следует ожидать, когда такая реконфигурация будет реализована на практике.

[56] Таким образом, можно оценивать и сравнивать друг с другом различные сценарии. Таким образом, способ является большим подспорьем при принятии решений об изменениях в конструкции уже существующей системы для текущей среды под давлением, особенно в отношении ожидаемого повышения энергоэффективности или уменьшения энергопотребления и/или эксплуатационных возможностей системы для текущей среды под давлением. Способ не предназначен для проектирования полной системы для текущей среды под давлением с нуля.

[57] Предпочтительно, в этом способе автоматически генерируют различные виртуальные реконфигурации системы для текущей среды под давлением. В другом предпочтительном способе в соответствии с изобретением расчеты потенциальной финансовой экономии и сравнения между несколькими такими сгенерированными виртуальными реконфигурациями выполняют автоматически.

[58] Расчеты предпочтительно основаны на измерении и/или контроле фактических нагрузок давления, измеряемых в реальных условиях, во время типичного рабочего цикла в уже существующей системе для текучей среды под давлением. Например, с этой целью можно отслеживать изменение давления на впускном отверстии главного трубопровода и на различных выпускных отверстиях трубопроводной сети.

[59] Преимущество такого способа в соответствии с изобретением состоит в том, что он позволяет обнаруживать критичные части трубопроводной сети с высокими потребностями в давлении или расходе и что с помощью этого способа также можно принять меры для реконфигурации трубопроводной сети, чтобы сделать такую соответствующую часть или части трубопроводной сети менее критичными.

[60] Еще одним важным преимуществом такого способа в соответствии с изобретением является то, что можно сэкономить много энергии и, как следствие, можно значительно снизить эксплуатационные расходы, выбросы CO₂ и т.п.

[61] В предпочтительном варианте выполнения способ в соответствии с настоящим изобретением включает по меньшей мере следующие этапы:

a) создание набора из одной или нескольких теоретических трубопроводных сетей (TPN), в которых виртуально применена реконфигурация системы;

b) расчет потенциальной финансовой экономии (PFS) для каждой возможной виртуальной реконфигурации системы в наборе;

c) сохранение одной или нескольких рассчитанных потенциальных финансовых экономий (PFS) и соответствующей виртуальной реконфигурации системы;

d) оценка того, есть ли в наборе по меньшей мере одна или нескольких виртуальных реконфигураций системы, для которых при расчете получена положительная потенциальная финансовая экономия (PFS), или нет;

e) остановка способа, если в наборе отсутствует какая-либо виртуальная реконфигурация системы, для которой на этапе расчета была получена положительная потенциальная финансовая экономия (PFS); и

f) если в наборе имеется по меньшей мере одна виртуальная

реконфигурация системы, для которой на этапе расчета была получена положительная потенциальная финансовая экономия (PFS), предложение пользователю для реализации одной или нескольких виртуальных реконфигураций, для которых положительная потенциальная финансовая экономия (PFS) была получена на этапе расчета.

[62] Такой способ в соответствии с изобретением очень выгоден тем, что решение о модификации существующей системы для текущей среды под давлением может быть легко принято с помощью компьютера или других электронных средств рациональным образом путем сравнения сделанных прогнозов или расчетов на виртуально модифицированных версиях этой системы для текущей среды под давлением.

[63] Предпочтительно, различные виртуальные реконфигурации системы для текущей среды под давлением автоматически генерируют, например, с помощью компьютера или других электронных средств, на основе измерений давлений в существующей системе. Также расчеты предпочтительно основаны на таких измерениях и выполняются автоматически с помощью такого компьютера или других электронных средств. Таким образом, можно очень быстро сделать очень реалистичные прогнозы производительности системы для текущей среды под давлением после модификации.

[64] В еще одном предпочтительном способе в соответствии с изобретением на этапе с) наибольшую потенциальную финансовую экономию (PFS) и соответствующую виртуальную реконфигурацию системы сохраняют, например, в электронном средстве хранения, таком как жесткий диск или другое запоминающее устройство, а на этапе f) пользователю предлагают к реализации виртуальную реконфигурацию системы в наборе с наибольшей потенциальной финансовой экономией (PFS), если, по меньшей мере, эта наибольшая потенциальная финансовая экономия является положительной.

[65] Такой способ в соответствии с изобретением конечно, имеет то преимущество, что из множества предложенных виртуальных реконфигураций и проанализированных реконфигураций системы для текущей среды под давлением, реконфигурацию, которая является наиболее перспективной для повышения энергоэффективности или снижения

энергопотребления и/или эксплуатационных возможностей и потенциальной финансовой экономии, выбирают предпочтительно автоматически, например, с помощью компьютера или других электронных средств.

[66] Однако из изобретения не исключено применение других способов, например, способа, реализуемого с помощью компьютера, при котором также принимают во внимание необходимые инвестиции или капитальные затраты для реализации модификации системы для текущей среды под давлением. Например, возможно, что может быть достигнута более высокая потенциальная экономия финансовых средств, но необходимые инвестиции для реализации соответствующей реорганизации слишком высоки, чтобы оставаться интересными для реализации.

[67] В другом способе в соответствии с изобретением этап а) создания набора из одной или нескольких теоретических трубопроводных сетей (TPN) включает следующие этапы:

h) определение наиболее критичного выпускного отверстия трубопроводной сети или ранее созданной теоретической трубопроводной сети (TPN);

i) оценку того, возникает ли аномалия на соответствующем наиболее критичном выпускном отверстии трубопровода или нет;

j) создание теоретической трубопроводной сети, в которой давление на выпускном отверстии виртуально снижено, если на наиболее критичном выпускном отверстии трубопровода не обнаружено никаких аномалий; и

k) если аномалия обнаружена на наиболее критичном выпускном отверстии трубопровода, создание теоретической трубопроводной сети с виртуально измененной частью части трубопроводной сети, ведущей к наиболее критичному выпускному отверстию трубопровода.

[68] Первое большое преимущество такого способа в соответствии с изобретением состоит в том, что он включает этап, на котором определяют наиболее критичное выпускное отверстие трубопроводной сети или ранее созданной теоретической трубопроводной сети (TPN). Действительно, именно на этом наиболее критичном выпускном отверстии трубопровода существует вероятность самого высокого возможного снижения падения давления и, как следствие, возможного снижения выпускного давления на выпускном отверстии

главного трубопровода и, таким образом, возможного повышения энергоэффективности или снижения энергопотребления. Дополнительно или в качестве альтернативы, можно ожидать, что в той части трубопроводной сети, которая ведет к наиболее критичному выпускному отверстию трубопровода, модификация или реконфигурация трубопроводной сети будет наиболее эффективной для повышения энергоэффективности, снижения энергопотребления или уменьшения падения давления происходит в этой части, что позволяет увеличить эксплуатационные возможности системы.

[69] Вторым большим преимуществом такого способа в соответствии с изобретением является то, что на следующем этапе выполняют оценку того, возникает ли аномалия на соответствующем наиболее критичном выпускном отверстии трубопровода или нет. Такая аномалия возникает, когда давление на наиболее критичном выпускном отверстии трубопровода падает ниже минимального давления, которое требуется в любой момент времени в соответствующем местоположении пользователя. Действительно, в этом случае бывают ситуации, когда на соответствующем наиболее критичном выпускном отверстии трубопровода не создается достаточно высокого давления, так что не гарантируется, что инструменты в соответствующем местоположении пользователя могут работать в любое время.

[70] Если аномалия не обнаружена, то на выпускных отверстиях трубопроводной сети всегда имеется избыточное давление, что означает, что систему подачи текучей среды под давлением можно усовершенствовать за счет снижения впускного давления. Это предлагается как этап (реализуемого на компьютере) способа.

[71] С другой стороны, если обнаружена аномалия, ее можно устранить без необходимости повышения впускного давления на впускном отверстии главного трубопровода, изменив часть трубопроводной сети, ведущую к наиболее критичному выпускному отверстию трубопровода, что предложено на другом этапе соответствующего (реализуемого компьютером) способа.

[72] Очевидно, что предлагаемый способ в соответствии с изобретением представляет собой простой способ усовершенствования системы для текучей среды под давлением и пригоден для реализации на компьютере или другом электронном средстве.

[73] В предпочтительном способе в соответствии с изобретением этап h) определения наиболее критичного выпускного отверстия трубопроводной сети или ранее созданной теоретической трубопроводной сети (TPN) включает следующие этапы:

l) определение минимального давления для одного или нескольких выпускных отверстий трубопровода, которое требуется в любой момент времени в соответствующем местоположении пользователя, чтобы операции в этом местоположении пользователя могли выполняться непрерывно;

m) определение периода измерения, соответствующего типовому рабочему циклу трубопроводной сети, в течение которого будут измеряться давления на впускном отверстии главного трубопровода и на выпускных отверстиях трубопровода; и

n) измерение или установку впускного давления на впускном отверстии главного трубопровода и измерение давления на соответствующих выпускных отверстиях трубопровода в течение указанного периода измерения.

[74] Очевидно, что такой способ в соответствии с изобретением очень практичен, поскольку он включает необходимые этапы для получения нужной информации от системы путем выполнения некоторых измерений давления, которые позволяют определить наиболее критичное выпускное отверстие трубопровода и обнаружить наличие или отсутствие аномалии на самом критичном выпускном отверстии трубопровода. Дополнительным преимуществом такого способа является то, что информация собирается из существующей системы во время работы, поэтому реальные условия учитывают при расчетах и прогнозах относительно потенциальной финансовой экономии.

[75] Предпочтительно, давление на впускном отверстии главного трубопровода и на соответствующих выпускных отверстиях трубопровода измеряют синхронно в течение указанного периода измерения на этапе n).

[76] Конечно, только путем одновременного измерения давления на впускном отверстии главного трубопровода и на соответствующих выпускных отверстиях трубопровода во время типичного рабочего цикла можно получить правильное представление об изменении реальных падений давления, происходящих в трубопроводной сети, находящейся под давлением.

[77] Предпочтительно, измерение давления выполняют в течение всего периода измерения, например, аналоговым способом, чтобы не пропустить ни одной критичной ситуации, связанной с необходимостью наличия высокого давления на впускном отверстии главного трубопровода из-за одновременного возникновения нагрузок высокого или максимального давления на выпускных отверстиях трубопроводов в течение рабочего цикла.

[78] В возможном предпочтительном варианте выполнения способа в соответствии с изобретением измерение давления в течение периода измерения на этапе n) представляет собой цифровое измерение давления, которое выполняется одновременно на различных соответствующих выпускных отверстиях трубопровода, и выполняют это в дискретные моменты времени в течение периода измерения. Вычисления и определения на дополнительных этапах способа в этом случае выполняются на этой группе дискретных цифровых измерений.

[79] Преимущество цифрового измерения давления состоит в том, что такой способ измерения приводит к получению цифровых данных измеренного давления, причем этот тип данных более приспособлен для дальнейшей обработки с помощью доступных в настоящее время средств обработки данных, таких как компьютер.

[80] Очевидно, что дискретные моменты времени должны располагаться достаточно близко друг к другу, чтобы не были упущены ситуации критичной нагрузки давлением. В настоящее время это уже не проблема, поскольку электронные измерительные устройства высокого уровня доступны повсюду.

[81] Детали измерений, процесс создания набора теоретических трубопроводных сетей, расчеты, оценка наличия или отсутствия аномалии на наиболее критичном впускном отверстии трубопровода, представление пользователю наиболее многообещающего сценария или сценариев и т.д. далее подробно описаны в описании с помощью чертежей.

[82] Предпочтительно способ в соответствии с изобретением реализуется с помощью электронных средств и/или представляет собой способ, реализуемый компьютером.

[83] Способ в соответствии с изобретением обычно также пригоден для

реализации в виде компьютерной программы, которая содержит инструкции, которые при выполнении программы компьютером обеспечивают выполнение им указанного способа.

[84] Настоящее изобретение также относится к устройству обработки данных или компьютеру, содержащему процессор и/или компьютерную программу, выполненные с возможностью выполнения этапов способа в соответствии с изобретением.

[85] Кроме того, настоящее изобретение также относится к компрессору, который содержит устройство обработки данных или компьютер, выполненные в соответствии с изобретением.

[86] Наконец, настоящее изобретение также относится к компьютерной программе, содержащей инструкции, которые при выполнении программы компьютером обеспечивают выполнение им способа в соответствии с изобретением.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[87] Изобретение далее проиллюстрировано со ссылками на чертежи, на которых:

Фиг.1 изображает схематический чертеж системы для текучей среды под давлением, которая содержит трубопроводную сеть, на которой может быть применен способ в соответствии с изобретением для улучшения энергетической эффективности или снижения энергопотребления и/или для увеличения эксплуатационных возможностей системы для текучей среды под давлением;

Фиг.2 изображает часть трубопроводной сети, показанной на Фиг.1, где более подробно представлен возможный инструмент, расположенный на выпускном отверстии трубопроводной сети;

Фиг.3 изображает на очень обобщенном уровне блок-схему способа в соответствии с настоящим изобретением повышения эффективности и/или увеличения эксплуатационных возможностей системы для текучей среды под давлением, которая содержит трубопроводную сеть под давлением, подвергающуюся изменяющейся нагрузке на некоторых выпускных отверстиях трубопровода;

Фиг.4 более подробно изображает в виде блок-схемы этап способа оценки одной или нескольких виртуальных реконфигураций трубопроводной сети;

Фиг.5 изображает в виде блок-схемы более подробно этапы, которые выполняют на этапе а), представленном в блок-схеме на Фиг.4;

Фиг.6 изображает в виде блок-схемы более подробно этапы, которые выполняют на этапе h), представленном в блок-схеме на Фиг.5;

Фиг.7 изображает более подробные детали об этапах i), j) и k), показанных в блок-схеме на Фиг.5;

Фиг.8 изображает в виде блок-схемы более подробно этапы, которые выполняют на этапе k), представленном в блок-схеме на Фиг.5;

Фиг.9 изображает в виде блок-схемы более подробно этапы, которые участвуют в выполнении этапа b), представленного в блок-схеме на Фиг.4;

Фиг.10 иллюстрирует первую ситуацию с типичным колебанием давления, измеряемого на двух выпускных отверстиях трубопроводной сети, без возникновения аномалии, в частности, в ситуации до повышения эффективности и/или увеличения эксплуатационных возможностей системы для текучей среды под давлением с помощью способа в соответствии с настоящим изобретением;

Фиг.11 иллюстрирует, аналогично Фиг.10, расчетное колебание давления, которое можно ожидать на двух выпускных отверстиях трубопроводной сети после того, как впускное давление было виртуально уменьшено и после оптимизации или улучшения или первого этапа в этом улучшении эффективности и/или увеличении эксплуатационных возможностей системы для текучей среды под давлением с помощью способа в соответствии с настоящим изобретением;

Фиг.12 иллюстрирует, аналогично Фиг.10, вторую ситуацию с другим типичным колебанием давления, измеренным на двух выпускных отверстиях трубопроводной сети, когда возникает аномалия, и это снова в ситуации до повышения эффективности и/или увеличения эксплуатационных возможностей системы для текучей среды под давлением достигается с помощью способа в соответствии с настоящим изобретением;

Фиг.13 иллюстрирует теоретически рассчитанные изменения давления, которые следует ожидать на одном из двух выпускных отверстиях

трубопровода, когда трубопроводная сеть в ситуации, представленной на Фиг.12, виртуально реконфигурирована, например, путем увеличения диаметра трубопровода трубопроводной сети; и

Фиг.14 иллюстрирует ожидаемую ситуацию, соответствующую той, что представлена на Фиг.12 и 13, на двух выпускных отверстиях после того, как была реализована виртуальная реконфигурация трубопроводной сети, давление на впускном отверстии было практически снижено, а эффективность системы для текучей среды под давлением увеличена и/или эксплуатационные возможности увеличены с помощью способа в соответствии с изобретением.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТА (ВАРИАНТОВ) ВЫПОЛНЕНИЯ

[88] На Фиг.1 показана система 1 для текучей среды под давлением, которая содержит трубопроводную сеть 2 с впускным отверстием (MPI) 3 главного трубопровода и несколькими выпускными отверстиями 4 ($PO_1, PO_2, PO_3, \dots PO_N$). В этом случае всего имеется N выпускных отверстий 4 трубопровода.

[89] Выпускные отверстия 4 трубопровода расположены в местоположениях 5 ($UL_1, UL_2, UL_3, \dots UL_N$) пользователя, которые расположены на расстоянии друг от друга и представлены на Фиг.1 в виде областей, окруженных пунктирной линией. Как поясняется во введении, расстояние между местоположениями 5 пользователя зависит от применения и может составлять от нескольких метров или менее до сотен метров и даже может составлять один или несколько километров.

[90] От впускного отверстия 3 главного трубопровода отходит участок 6 главного трубопровода. Этот участок 6 главного трубопровода разветвляется на несколько ответвлений 7 и подответвлений 8.

[91] Каждое выпускное отверстие 4 ($PO_1, PO_2, PO_3, \dots PO_N$) трубопровода соединено с впускным отверстием 3 (MPI) главного трубопровода посредством трубопровода, образованного комбинацией участка 6 главного трубопровода и ответвления 7 трубопровода, и возможно, одного или нескольких подответвлений 8 трубопровода. В других конфигурациях, конечно, возможно, что к подответвлению 8 подключены еще другие подответвления, и так далее. Конфигурация, показанная на Фиг.1,

является лишь примером.

[92] Пользовательские устройства или инструменты 9, которые обозначены на Фиг.1 как $A_1, A_2, A_3, \dots A_N$, расположены в местоположениях 5 пользователя, причем эти пользовательские устройства или инструменты 9 подключены к соответствующему выпускному отверстию 4 трубопровода соответствующего местоположения 5 пользователя с намерением обеспечить его, посредством трубопроводной сети 2, текучей средой под давлением, обычно сжатым воздухом.

[93] На схематическом чертеже, показанном на Фиг.1, такой инструмент 9 представлен в виде квадратного блока, но на самом деле такой инструмент 9 может представлять собой любой инструмент или устройство или комбинацию инструментов или устройств, которым требуется текучая среда под давлением.

[94] Для подачи текучей среды под давлением в трубопроводную сеть 2 и через трубопроводную сеть 2 к инструментам 9, во впускное отверстие 3 главного трубопровода трубопроводной сети 2 подается текучая среда, находящаяся под впускным давлением P_{IN} , с помощью источника 10 текучей среды под давлением из системы 1 подачи текучей среды под давлением.

[95] Этот источник 10 текучей среды под давлением обычно представляет собой компрессор 11 (COMP) системы 1 подачи текучей среды под давлением, что также имеет место в варианте выполнения, показанном на Фиг.1, но для этой цели могут быть использованы и другие источники.

[96] Компрессор 11 всасывает несжатый воздух во впускное отверстие, обычно под давлением P_{CIN} , которое равно атмосферному давлению.

[97] В компрессоре 11 этот воздух сжимается, и сжатый воздух выпускается через выпускное отверстие компрессора 11 при более высоком давлении P_{COUT} .

[98] На выпускных отверстиях 4 трубопровода трубопроводная сеть 2 подвергается воздействию изменяющейся нагрузки из-за различной потребности в текучей среде под давлением во время работы пользовательских устройств или инструментов 9, которые подключены к выпускным отверстиям 4 трубопровода в местоположениях 5 пользователя.

[99] На Фиг.1 дополнительно показано, что система 1 для текучей

среды под давлением также содержит компьютер 14 или другое электронное средство обработки, с помощью которого могут обрабатывать, например, давление P_{PO_i} , измеряемое на выпускных отверстиях 4 (PO_i) трубопровода, или впускное давление P_{IN} , измеряемое во впускном отверстии 3 главного трубопровода и, возможно, другие измеряемые или неизмеряемые параметры.

[100] Для измерения вышеупомянутых давлений P_{IN} и P_{PO_i} или других давлений и, возможно, еще других параметров система 1 для текучей среды под давлением содержит измерительное средство 15. Таким измерительным средством 15 может быть, например, манометр 15, который может представлять собой аналоговый или цифровой манометр, но частью таких измерительных средств 15 могут быть и другие измерительные средства 15, такие как датчики температуры или другие датчики.

[101] Наконец, система 1 для текучей среды под давлением также имеет коммуникационные средства 16 для передачи данных или параметров, измеренных с помощью измерительного средства 15, в компьютер 15 или другое электронное средство обработки. В случае Фиг.1 эти коммуникационные средства образованы сетью кабелей 16 передачи данных, которые соединяют измерительное средство 15 с компьютером 14. В других приложениях эти коммуникационные средства 16 также могут быть беспроводными, а также могут применяться другие коммуникационные средства 16.

[102] Фиг.2 более подробно иллюстрирует ситуацию для одного из выпускных отверстий 4 трубопровода.

[103] Инструмент 9 в данном случае представляет собой механический инструмент 17 с пневмоприводом, подсоединенный посредством гибкого пневмошланга 18 к выпускному отверстию 4 трубопроводной сети 2, из которого с помощью механического инструмента 17 в процессе работы отбирается текучая среда под давлением.

[104] На этом же выпускном отверстии 4 трубопровода имеется клапан 19, не подсоединенный ни к какому инструменту 9.

[105] Чтобы познакомить читателя с проблемами, возникающими в такой системе 1 для текучей среды под давлением, давайте теперь рассмотрим две ситуации.

[106] В первой ситуации механический инструмент 17 не используется, и клапан 19 открывается без приложения какой-либо (полезной) нагрузки к клапану 19.

[107] В этом случае давление на выпускном отверстии 4 трубопровода или вблизи него (P_{POi}) представляет собой атмосферное давление $P_{атм}$, а часть трубопроводной сети 2 подвергается воздействию разницы давлений $P_{IN} - P_{атм}$, которая представляет собой разницу между высоким давлением P_{IN} , которое равно давлению P_{COUT} на выпускном отверстии компрессора 11, и атмосферным давлением $P_{атм}$. При открытии клапана 19 текучая среда будет ускоряться в ответвлениях 7 и в подответвлениях 8 к выпускному отверстию 4 трубопровода, где она достигает определенной скорости. Как только соотношение давлений между давлением P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода и атмосферным давлением $P_{атм}$ станет достаточно большим, т.е. когда это соотношение превысит критический минимальный коэффициент давления (который для воздуха составляет около 1,89), текучая среда начинает течь в так называемом режиме дросселированного течения. В этом случае текучая среда вытекает из соответствующего выпускного отверстия 4 трубопровода с максимальной скоростью, равной скорости звука.

[108] Общее падение ΔP_{tot} давления на соответствующей части трубопровода в этом случае равен ΔP_1 , которое представляет собой разность между P_{IN} и атмосферным давлением $P_{атм}$ или определенным критическим давлением P_c в случае дросселированного потока. ($\Delta P_{tot} = P_{IN} - P_{атм}$ или $\Delta P_{tot} = P_{IN} - P_c$).

[109] Это падение ΔP_1 давления на соответствующем участке трубопровода включает кинетическую составляющую, обусловленную увеличением скорости текучей среды в трубопроводной сети 2, а также составляющую давления, обусловленную потерями на трение в части трубопроводной сети 2, соединяющей впускное отверстие 3 главного трубопровода с соответствующим выпускным отверстием 4. Оказывается, на практике кинетическая составляющая незначительна.

[110] Когда предполагается, что поток в этой трубопроводной сети 1 является турбулентным, потери на трение более или менее пропорциональны квадрату скорости (v^2) текучей среды и более или менее обратно

пропорциональны диаметру соответствующего трубопровода.

[111] Как было объяснено во введении, множество других факторов имеют значение.

[112] Тем не менее, можно понять, что в этом случае давление должно упасть от впускного давления P_{IN} до атмосферного давления $P_{атм}$ или критического давления P_c в случае дросселированного потока. Текучая среда под давлением, такая как воздух под давлением, достигает относительно высокой скорости или даже скорости, равной скорости звука, что приводит к высоким потерям на трение. В этом первом случае справедливо следующее: $\Delta P_1 = \Delta P_{tot} = P_{IN} - P_{атм}$ или $\Delta P_1 = \Delta P_{tot} = P_{IN} - P_c$.

[113] Во второй ситуации клапан 19 закрыт и используется механический инструмент 17. В этом случае происходит падение давления ΔP_3 на механическом инструменте 17, поскольку текучая среда под давлением используется для выполнения некоторой механической работы с инструментом 17.

[114] Кроме того, в гибком шланге 18, соединяющем механический инструмент 17 с выпускным отверстием 4 трубопровода, имеется падение ΔP_2 давления.

[115] Понятно, что в этом случае общее падение ΔP_{tot} давления от впускного давления P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода трубопроводной сети 2 до атмосферного давления $P_{атм}$ на выпускном отверстии механического инструмента 17 складывается из трех составляющих: первое падение ΔP_1 давления из-за ускорения текучей среды и потерь на трение в трубопроводной сети 2, второе падение ΔP_2 давления из-за ускорения текучей среды и потерь на трение в гибком шланге 18 и третье падение ΔP_3 давления, которое представляет собой полезное давление для совершения механической работы инструментом 17 ($\Delta P_{tot} = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$).

[116] В этом случае давление P_{POi} на выпускном отверстии 3 трубопроводной сети 1 имеет значение где-то между впускным давлением P_{IN} и атмосферным давлением $P_{атм}$ и зависит от характеристик гибкого пневмошланга 19 и пневмомеханического инструмента 17, а также способа применения этого инструмента 17.

[117] Когда механический инструмент 17 или любой другой

механический инструмент, подключенный к трубопроводной сети 2, еще не используется и текучая среда под давлением не протекает через трубопроводную сеть 2, давление P_{POi} на выпускном отверстии 4 сети 2 более или менее равно впускному давлению P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода.

[118] Однако, как только используется механический инструмент 17 или любой другой механический инструмент, подключенный к сети, некоторое количество текучей среды под давлением протекает через сеть 2, а также возникают потери на трение в сети 2.

[119] Кроме того, как только используется механический инструмент 17, некоторое количество текучей среды под давлением также протекает по гибкому шлангу 19, вызывая дополнительные потери на трение, и работа выполняется с помощью инструмента 17.

[120] Таким образом, давление P_{POi} на выпускном отверстии 4 трубопровода немного упадет, причем чем больше текучая среда под давлением будет потребляться инструментом 17, тем больше будет падать это давление P_{POi} .

[121] Понятно, что потребление текучей среды под давлением на других выпускных отверстиях 4 сети 2, кроме выпускного отверстия 4 трубопровода, к которому подключен инструмент 17, оказывает влияние на давление P_{POi} на этом выпускном отверстии 4.

[122] Легко понять, что на выпускном отверстии 4 трубопровода всегда требуется по меньшей мере некоторое минимальное давление P_{POi}^{req} , чтобы обеспечить достаточное количество текучей среды под давлением, когда инструмент 17 используется на максимальной мощности.

[123] Обычно трубопроводная сеть 2 проектируется таким образом, что падение ΔP_1 давления между впускным отверстием 3 главного трубопровода и соответствующим выпускным отверстием 4 ограничен, так что на выпускном отверстии 4 всегда имеется требуемое минимальное давление P_{POi}^{req} .

[124] Однако на практике сеть 2 может быть значительно расширена за счет множества ответвлений 7 и подответвлений 8, при этом расстояния между впускным отверстием 3 главного трубопровода и соответствующими выпускными отверстиями 4 сильно различаются, а инструменты 9 имеют все

виды потребностей в электроэнергии, которые также могут сильно меняться во времени.

[125] Из приведенных выше пояснений становится понятно, что учет всех требований и, возможно, меняющихся запросов уже на этапе проектирования является далеко не очевидным.

[126] Минимально необходимое давление P_{POi}^{req} на каждом выпускном отверстии 4 трубопровода можно обеспечить, установив давление P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода на достаточно высоком уровне.

[127] Недостатком такого способа проектирования трубопроводной сети 2 является то, что давление P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода обычно устанавливается на неоправданно высоком уровне, поскольку инструменты 9 на практике никогда или почти никогда не используются одновременно или на максимальной мощности.

[128] Чем выше давление P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода, тем выше давление P_{COUT} на выпускной трубе 13 компрессора 11, тем больше энергии потребляется компрессором 11 и тем выше будут затраты, связанные с потреблением энергии.

[129] В некоторых случаях могут возникнуть некоторые аномалии в том смысле, что давление P_{POi} , подаваемое на один или несколько выпускных отверстий 4 трубопроводной сети 2, может быть слишком низким, например, из-за (временного) отсутствия давления P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода и/или (временного) слишком высокой потребности в текучей среде под давлением на одном или нескольких выпускных отверстиях 4 трубопровода. Возникновения таких аномалий можно избежать, изменив давление на впускном отверстии 3 главного трубопровода или изменив источник 10 текучей среды под давлением. Однако с финансовой точки зрения часто может быть лучше перепроектировать систему 1 для текучей среды под давлением, например, путем адаптации внутреннего диаметра части трубопроводной сети 2 или путем включения в сеть 2 одного или нескольких локальных сосудов под давлением. Настоящее изобретение сосредоточено главным образом на последнем решении.

[130] Настоящее изобретение обеспечивает способ улучшения или оптимизации эффективности и/или увеличения эксплуатационных

возможностей такой системы 1 для текучей среды под давлением с трубопроводной сетью 2 при изменяющейся нагрузке на выпускных отверстиях 4 трубопровода, и это для уже существующей системы 1. В частности, такой способ в соответствии с изобретением учитывает реальные нагрузки, испытываемые на выпускных отверстиях 4 сети 2 во время типичного рабочего цикла. Способ обеспечивает предложения по повышению эффективности или эксплуатационных возможностей первоначально спроектированной системы 1 на основе этих данных, полученных в реальных условиях эксплуатации системы, как она спроектирована. Кроме того, способ позволяет установить давление P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода трубопроводной сети 3 на уровне, который не является излишне высоким.

[131] Такой способ в соответствии с изобретением ниже описан более подробно.

[132] На Фиг.3 представлена блок-схема, описывающая этапы способа в соответствии с изобретением в самых общих чертах.

[133] В способе в соответствии с изобретением оценивают виртуально созданные реконфигурации исходной конструкции системы 1 и рассчитывают потенциальную финансовую экономию PFS, которую можно получить в связи с этими виртуальными реконфигурациями. Это представлено в блоке 20 блок-схемы на Фиг.3.

[134] Расчет возможно основан на измерении давлений или других параметров в системе 1 во время работы.

[135] Такой расчет потенциальной финансовой экономии PFS предполагает расчет снижения затрат за счет повышения энергоэффективности или снижения энергопотребления, вызванного такой реконфигурацией системы 1, а также увеличения затрат на внедрение и поддержание такой реконфигурации системы.

[136] Конечно, только реконфигурации, которые повышают энергоэффективность или уменьшают потребление энергии или эксплуатационные возможности системы 1, могут способствовать финансовой экономии PFS. Обычно экономия за счет повышения энергоэффективности или за счет снижения энергопотребления медленно накапливается в процессе

эксплуатации и зависит от ожидаемого срока службы системы 1. С другой стороны, реализация реконфигурации первоначально спроектированной системы 1 обычно скорее концентрируются в течение короткого периода времени и должны быть увеличены на стоимость технического обслуживания, которая часто представляет собой затраты, повторяющиеся через регулярные промежутки времени. Таким образом, стоимость внедрения и обслуживания имеет другую природу и может быть распределена за счет банковских кредитов и т.д. Это означает, что расчет потенциальной финансовой экономии PFS может сильно зависеть от предполагаемого времени использования рассматриваемой системы 1.

[137] На основе проведенных расчетов способ в соответствии с изобретением кроме того, оценивает, существует ли какая-либо из предложенных виртуальных реконфигураций системы 1, которая, как ожидается, повысит эффективность или эксплуатационные возможности системы 1 таким образом, что будет достигнута ожидаемая экономия затрат. Этот этап оценки потенциальной финансовой экономии PFS способа представлен ромбом 21 на Фиг.3.

[138] Если не происходит ни одной из виртуально созданных реконфигураций, которая, как ожидается, приведет к положительной потенциальной финансовой экономии PFS, то способ останавливают, как показано в блоке 22 на Фиг.3.

[139] Когда в созданном наборе виртуальных реконфигураций имеется одна или несколько виртуальных реконфигураций, которые, как ожидается, будут генерировать потенциальную финансовую экономию PFS, в способе представляют пользователю одну или несколько таких виртуальных реконфигураций для возможной реализации. В предпочтительном способе в соответствии с изобретением пользователю представляют по меньшей мере или только виртуальную реконфигурацию, соответствующую максимально ожидаемой потенциальной финансовой экономии PFS, но, конечно, из изобретения не исключено предоставление пользователю как можно большего количества информации по желанию. Этот этап способа представлен в блоке 23 на Фиг.3.

[140] Фиг.4 изображает более подробную блок-схему этапов части

способа, касающейся оценки одной или нескольких виртуальных реконфигураций трубопроводной сети 2 системы 1.

[141] На первом этапе а), который представлен в блоке 24 на Фиг.4, создают набор из одной или нескольких теоретических трубопроводных сетей TPN с набором ограничений, таких как геометрия здания, или без него, ... при этом реконфигурация системы 1 была виртуально применена. Как формируются эти теоретические трубопроводные сети TPN, рассмотрено далее в тексте более подробно с помощью других чертежей. Короче говоря, такая виртуальная реконфигурация состоит по меньшей мере из виртуального уменьшения впускного давления P_{IN} и включает, возможно, но не обязательно, также виртуальную модификацию трубопроводной сети 2, чтобы повысить энергоэффективность или снизить потребление энергии и во избежание наличия аномалии на одном или нескольких выпускных отверстиях 4.

[142] На следующем этапе б), который представлен в блоке 25 на Фиг.4, рассчитывают потенциальную финансовую экономию PFS, которую, как ожидается, можно будет получить после реализации, для каждой виртуальной реконфигурации системы 1 в созданном наборе теоретических трубопроводных сетей TPN. Подробности возможного способа выполнения этих расчетов рассмотрены далее в тексте с помощью Фиг.9.

[143] На еще одном этапе с) способа в соответствии с изобретением, который представлен в блоке 26 на Фиг.4, одну или несколько рассчитанных потенциальных финансовых экономий PFS рассчитывают на предыдущем этапе б), и одну или несколько соответствующих виртуальных реконфигураций системы 1 оставляют или сохраняют, предпочтительно в электронной памяти, такой как жесткий диск, или в любом другом средстве хранения. В предпочтительном способе в соответствии с изобретением в памяти сохраняют по меньшей мере виртуальную реконфигурацию, которая, как ожидается, обеспечит наивысшую потенциальную финансовую экономию PFS, и эту самую высокую потенциальную финансовую экономию PFS сохраняют в памяти.

[144] Кроме того, способ включает дополнительный этап d), который представлен ромбом 27 на Фиг.4, для оценки того, имеется ли по меньшей мере одна или несколько виртуальных реконфигураций системы 1 в

сгенерированном наборе, для которого положительная потенциальная финансовая экономия PFS была получена на этапе b) расчета, или нет.

[145] На этапе e) способа в соответствии с изобретением принимают решение отказаться от выполнения любых дальнейших этапов и, таким образом, остановить способ, если не происходит какой-либо виртуальной реконфигурации системы 1 в сформированном наборе, для которого положительная потенциальная финансовая экономия PFS была получена на этапе расчета b). Этот этап e) способа представлен в блоке 28 на Фиг.4.

[146] С другой стороны, если в сформированном наборе теоретических трубопроводных сетей TPN имеется по меньшей мере одна виртуальная реконфигурация системы 1, для которой на этапе расчета b) получена положительная потенциальная финансовая экономия PFS, то выполняют этап f), при этом предлагают пользователю для реализации одну или несколько виртуальных реконфигураций, для которых была получена положительная потенциальная финансовая экономия PFS на этапе b) расчета.

[147] Очевидно, что в предпочтительном способе в соответствии с изобретением для реализации предлагают по меньшей мере виртуальное устройство, которое, как ожидается, будет генерировать наибольшую потенциальную экономию PFS, если по меньшей мере эта наибольшая потенциальная экономия PFS является положительной. Этот этап f) представлен в блоке 23 на Фиг.4 и соответствует этапу f), представленному блоком 23 на Фиг.3.

[148] Способ предпочтительно также включает этап g), который представлен в блоке 29 на Фиг.4, на котором представлена рассчитанная потенциальная финансовая экономия PFS и соответствующая виртуальная реконфигурация системы 1, выбранная из одной или нескольких реконфигураций системы 1 в сгенерированном наборе для пользователя на устройстве отображения.

[149] На Фиг.4 этот этап g) предшествует этапу d) оценки рассчитанной потенциальной финансовой экономии PFS, но из изобретения не исключено выполнение этапа g) отображения результатов пользователю после оценки, выполненной на этапе d). Результаты, отображаемые на этапе g) способа, могут включать данные об оценке, выполненной на этапе d), и могут быть

представлены таким образом, что пользователю предлагаются некоторые изменения, например, в ранжировании от наиболее интересного сценария к наименее интересному сценарию. Конечно, есть множество других возможностей.

[150] На Фиг.5 представлена блок-схема, иллюстрирующая этапы и порядок выполнения этих этапов, участвующих в выполнении этапа а) создания набора из одной или нескольких теоретических трубопроводных сетей TPN, как показано на Фиг.4. Эта блок-схема все еще на весьма общем уровне возможного варианта выполнения способа в соответствии с изобретением, и детали более подробнее пояснены далее с помощью Фиг.6-8.

[151] Первым этапом, связанным с созданием одной или нескольких теоретических трубопроводных сетей TPN, является этап h), который представлен внизу Фиг.5 в блоке 30 и заключается в определении наиболее критичного выпускного отверстия PO_i^c трубопроводной сети 2 или ранее созданной теоретической трубопроводной сети TPN.

[152] Конечно, при начальном запуске этой процедуры создания теоретической трубопроводной сети TPN на этом этапе h) всегда сеть 2, какая она есть в действительности, будет формировать основу для создания теоретической трубопроводной сети TPN. Только после создания одной или нескольких теоретических трубопроводных сетей TPN такая теоретическая трубопроводная сеть TPN может служить основой для создания еще других теоретических трубопроводных сетей TPN на этом этапе h).

[153] Этапы, которые, возможно, связаны с определением наиболее критичного выпускного отверстия PO_i^c сети 2, будут более подробно описаны далее в тексте с помощью Фиг.6. Однако уже на этом этапе можно сказать, что выпускное отверстие PO_i сети 2, которое является наиболее критичным, представляет собой выпускное отверстие PO_i^c трубопровода, где, среди всех выпускных отверстий PO_i трубопроводов, имеется наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v .

[154] Это означает, что на самом критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода избыточное давление является самым низким. Это наименьшее минимальное избыточное давление будет называться наименьшим

минимальным избыточным давлением SMO или наименьшим виртуальным минимальным избыточным давлением SMO^v , в зависимости от того, является ли рассматриваемое давление измеренным реальным давлением или расчетным давлением. Это реальное или виртуальное избыточное давление определяется таким образом, что оно может быть, соответственно, положительным или отрицательным, что соответствует ситуации, когда на соответствующем выпускном отверстии PO_i^c трубопровода имеется избыточное давление или, наоборот, недостаток давления на этом критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода.

[155] Следующим этапом, связанным с созданием одной или нескольких теоретических трубопроводных сетей ТРН, является этап i), который представлен ромбом 31 на Фиг.5 и включает оценку того, возникает ли аномалия на соответствующем наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода, определенном на этапе h), или нет. Как объяснялось выше, аномалия считается присутствующей, когда в течение определенного интервала времени Δt измеренное давление P_{PO_i} или расчетное виртуальное давление $P_{PO_i}^v$ на соответствующем определенном наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода падает ниже минимального давления $P_{PO_i}^{req}$, требующимся на выпускном отверстии этого трубопровода PO_i . Такая ситуация (см. Фиг.12) соответствует отсутствию давления (реального или виртуального) на выпускном отверстии PO_i или наличию отрицательного избыточного давления (реального или виртуального).

[156] Ситуация, когда аномалия отсутствует на наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода, соответствует случаю, когда упомянутое выше наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v на наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода является строго положительным, поэтому что в системе 1 постоянно имеется избыточное давление (реальное или виртуальное). Пример такой ситуации проиллюстрирован на Фиг.10, где показано изменение измеренных давлений P_{PO_1} и P_{PO_2} во времени во время работы на двух выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 труб. В этом примере первое выпускное отверстие PO_1 трубопровода является наиболее критичным выпускным отверстием PO_i^c трубопровода.

[157] Если такая аномалия не обнаружена на наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода, выполняю этап j), который представлен блоком 32 на Фиг.5 и включает создание теоретической трубопроводной сети TPN, в которой впускное давление P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода сети 2 практически уменьшается на определенную величину ΔP_{decr} .

[158] Поскольку в этом случае даже на самом критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода аномалии нет, то на всех выпускных отверстиях PO_i сети 2 всегда имеется некоторое (реальное или виртуальное) избыточное давление. В результате предложенное виртуальное снижение давления ΔP_{decr} впускного давления P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода для теоретической трубопроводной сети TPN может быть выбрано таким образом, чтобы при реализации теоретической трубопроводной сети TPN в лучшем случае не было никаких аномалий на наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода в реализованной сети 2.

[159] Это соответствует ситуации, когда созданная теоретическая трубопроводная сеть TPN имеет практически уменьшенное впускное давление P_{IN} и, следовательно, повышенную энергоэффективность или пониженное потребление энергии, в то время как ожидается, что она будет полностью работоспособна на всех выпускных отверстиях PO_i трубопроводов во время нормальной работы.

[160] Если в этом случае этап определения h) был выполнен на исходной реальной сети 2, сгенерированная теоретическая трубопроводная сеть TPN является исходной сетью 2 с практически уменьшенным впускным давлением P_{IN} , при этом больше не предлагают никакую другую виртуальную реконфигурацию сети 2.

[161] С другой стороны, если в этом случае этап h) определения был выполнен на уже ранее созданной теоретической трубопроводной сети TPN, вновь созданная теоретическая трубопроводная сеть TPN является исходной трубопроводной сетью 2 с виртуально уменьшенным впускным давлением P_{IN} , тогда как далее предлагается виртуальная реконфигурация сети 2. Это станет более очевидным, когда далее в тексте более подробно объяснены другие этапы способа, в частности этап k).

[162] Следующий этап способа в соответствии с изобретением, который представлен блоком 33 на Фиг.5, состоит в добавлении сгенерированной теоретической трубопроводной сети TPN с практически уменьшенным впускным давлением P_{IN} к набору таких сгенерированных теоретических трубопроводных сетей TPN.

[163] Это также означает, что набор теоретических трубопроводных сетей TPN, которые создают в этом способе, состоит из теоретических трубопроводных сетей TPN, для которых предлагается виртуальное снижение впускного давления P_{IN} . Кроме того, в соответствии с изобретением, предлагаемое снижение впускного давления P_{IN} таково, что система 1 будет функционировать на всех выпускных отверстиях PO_i трубопровода в течение всей продолжительности работы, когда предлагаемая виртуальная реконфигурация системы 1 будет реализована на практике.

[164] Фактически, в соответствии с изобретением, предпочтительно уменьшать впускное давление P_{IN} на максимально возможную величину ΔP_{decr} , сохраняя при этом систему 1 в работоспособном состоянии в течение всего периода эксплуатации.

[165] Однако из изобретения не исключено выполнение этапа j) путем предложения виртуального уменьшения ΔP_{decr} впускного давления P_{IN} на большую величину, чтобы создать теоретическую трубопроводную сеть TPN, в которой на одном из выпускных отверстий PO_i виртуально создается виртуальная аномалия или отрицательное виртуальное избыточное давление $OP_{PO_i}^v$. Это может быть особенно интересно на этапе, описанном в следующих абзацах.

[166] Действительно, ромб 34 на Фиг.5 представляет собой возможный этап способа в соответствии с изобретением, на котором выполняют оценку, будет ли сгенерированная теоретическая трубопроводная сеть TPN использоваться в качестве основы для создания другой теоретической трубопроводной сети TPN, или нет.

[167] Когда сгенерированная теоретическая трубопроводная сеть TPN служит основой для создания другой теоретической трубопроводной сети TPN (случай «ДА»), то следуют по маршруту 35.

[168] Далее способ продолжают выполнением этапа k) создания

теоретической трубопроводной сети TPN с виртуально измененной частью в части сети 2, ведущей к наиболее критичному выпускному отверстию PO_i^c трубопровода. Обратите внимание, что всякий раз, когда виртуальное давление P_{poi}^v необходимо для оценки того, какое выпускное отверстие PO_i^c трубопровода является наиболее критичным выпускным отверстием PO_i^c трубопровода, (пере)рассчитывают виртуальные давления P_{poi}^v на всех выпускных отверстиях PO_i трубопровода, которые виртуально уменьшаются благодаря предлагаемому виртуальному уменьшению ΔP_{decr} впускного давления P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода.

[169] Кроме того, ромб 36 на Фиг.5 указывает, что следующий этап способа может состоять из оценки того, следует ли создавать еще какие-либо теоретические трубопроводные сети TPN или нет на основе исходной сети 2.

[170] Если это так, следует следовать маршруту 37 блок-схемы, который снова указывает на тот же этап k) создания теоретической трубопроводной сети TPN с виртуальной модификацией в соответствующей части сети 2.

[171] В противном случае процесс формирования теоретических трубопроводных сетей TPN по существу прекращают и по маршруту 38 блок-схемы переходят к этапу, который представлен блоком 39 на Фиг.5 и заключается в сохранении набора сформированных теоретических трубопроводных сетей TPN с уменьшенным впускным давлением P_{IN} .

[172] Выше был объяснен вертикальный маршрут по блок-схеме, показанной на Фиг.5, который соответствует маршруту 40, которому следуют, когда не было обнаружено аномалий на наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода на этапе i). Однако еще один важный и существенный этап способа, т.е. этап k), требует пояснения, что достигается посредством маршрута 41 блок-схемы.

[173] Этап k) способа в соответствии с изобретением выполняют, когда аномалию обнаруживают на наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода на этапе i), что имеет место, когда наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v на выпускном отверстии PO_i^c этого трубопровода равно нулю или отрицательному значению (≤ 0). Этот случай соответствует ситуации, когда в течение определенного интервала времени Δt измеренное

давление P_{PO_i} или (расчетное) виртуальное давление $P_{PO_i}^v$ на наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода падает ниже минимально необходимого давления $P_{PO_i}^{req}$ на этом выпускном отверстии PO_i^c .

[174] Пример такой ситуации проиллюстрирован на Фиг.12, где показано изменение измеренных давлений P_{PO_1} и P_{PO_2} во времени во время работы на двух выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 . В этом примере первое выпускное отверстие PO_1 снова является наиболее критичным выпускным отверстием PO_i^c .

[175] В этом случае на этапе к), который представлен блоком 42 на Фиг.5, генерируют теоретическую трубопроводную сеть TPN, имеющую виртуально измененную часть в части трубопроводной сети 2, которая ведет к наиболее критичному выпускному отверстию PO_i^c трубопровода. Целью виртуальной реконфигурации, конечно, является устранение (возможно, виртуальной) аномалии и повышение энергоэффективности или снижение энергопотребления сети 2 или теоретической трубопроводной сети TPN, например путем увеличения диаметра трубопровода или путем добавления локального сосуда под давлением. Такая виртуальная реконфигурация также может представлять собой реконфигурацию путем замены таких деталей, как фильтры, регуляторы, лубрикаторы, клапаны или другие компоненты трубопроводной сети.

[176] В предпочтительном способе в соответствии с изобретением этап к) создания теоретической трубопроводной сети TPN с виртуально измененной частью части сети 2, которая ведет к наиболее критичному выпускному отверстию PO_i^c , включает создание теоретической трубопроводной сети TPN, при этом сеть 2 практически модифицирована путем увеличения диаметра D трубопровода одной или нескольких частей сети 2 между впускным отверстием 3 главного трубопровода и наиболее критичным выпускным отверстием PO_i^c трубопровода.

[177] В другом предпочтительном способе в соответствии с изобретением этап к) создания теоретической трубопроводной сети TPN с виртуально измененной частью части трубопроводной сети 2, которая ведет к наиболее критичному выпускному отверстию PO_i^c трубопровода, включает создание теоретической трубопроводной сети TPN, при этом сеть 2

виртуально модифицирована путем введения одной или нескольких локальных буферных резервуаров в часть сети 2 между впускным отверстием 3 главного трубопровода и наиболее критичным выпускным отверстием PO_i^c .

[178] После создания такой теоретической трубопроводной сети TPN с виртуальной реконфигурацией сети 2 способ продолжают путем повторного выполнения этапов h) и этапа i) на этой сгенерированной теоретической трубопроводной сети TPN, которая представлена маршрутом 43 на Фиг.5.

[179] Следует понимать, что на этапе i) оценки наличия или отсутствия определенной аномалии на наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода сгенерированной теоретической трубопроводной сети TPN, возможно, все же делают вывод о наличии аномалии.

[180] Фактически это означает, что трубопроводная сеть 2 или виртуальная трубопроводная сеть TPN, в которой наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v уже было отрицательным или нулевым на предыдущих этапах (см. этапы i и k способа на Фиг.5) из-за отсутствия давления P_{PO_i} или виртуального давления $P_{PO_i}^v$ в течение определенного интервала времени Δt на наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода, по-прежнему приводит к отрицательному или нулевому наименьшему виртуальному минимальному избыточному давлению SMO^v после введения виртуальной реконфигурации.

[181] Причина может, например, заключаться в том, что выбран увеличенный диаметр D трубопровода, который все еще недостаточно велик для того, чтобы в достаточной степени уменьшить падение давления между впускным отверстием 3 главного трубопровода и соответствующим наиболее критичным выпускным отверстием PO_i^c трубопровода таким образом, чтобы больше не происходило аномалий. Как следствие, теоретически никакая по-настоящему полезная финансовая экономия PFS не может быть реализована по сравнению с исходной ситуацией.

[182] Однако в случае, если «новое» наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v «менее» отрицательно, чем измеренное наименьшее минимальное избыточное давление SMO или вычисленное наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v , полученное в предыдущем цикле (этапы i и k), все равно достигается

определенное улучшение эффективности системы для текучей среды под давлением.

[183] Действительно, в этом случае, применяя предложенную виртуальную реконфигурацию, увеличение впускного давления P_{IN} , необходимого на впускном отверстии 3 главного трубопровода во избежание отсутствия давления или аномалии, возникающей на любом из выпускных отверстий PO_i трубопровода, можно поддерживать меньшим, чем без применения предложенной виртуальной реконфигурации сети 2.

[184] Следовательно, когда было принято решение увеличить впускное давление P_{IN} во избежание такой аномалии, с финансовой точки зрения все же могло иметь смысл применить предложенную реконфигурацию. Этот способ усовершенствования системы 1 не исключен из изобретения. Тем не менее, эти возможные этапы не представлены на блок-схемах чертежей.

[185] В соответствии с чертежами, идея состоит в том, чтобы предложить виртуальные реконфигурации, которые решают проблему аномалий и соответственно уменьшают впускное давление P_{IN} на этапе j). Возможно, что этапы h), i) и k) придется повторять несколько раз, чтобы найти или сгенерировать подходящую виртуальную реконфигурацию.

[186] Фактически, во время выполнения этих этапов h), i) и k) способа в соответствии с изобретением ищут доступное или возможно реализуемое избыточное давление в системе 1, а затем предлагают уменьшить впускное давление P_{IN} с помощью доступного избыточного давления.

[187] Чтобы найти это доступное избыточное давление, желательно провести некоторые измерения, и в зависимости от уровня абстракции, т. е. в зависимости от количества виртуальных частей или реконфигураций, включенных в рассматриваемую сгенерированную теоретическую трубопроводную сеть TPN , необходимо выполнить большее или меньшее количество оценок или расчетов для определения давления, которое, как ожидается, будет присутствовать в реальности после реализации виртуальной реконфигурации.

[188] Наконец, на Фиг.5 имеется еще один ромб 44, представляющий этап оценки, на котором оценивают, следует ли продолжать процесс создания теоретических трубопроводных сетей TPN или нет, когда был сделан вывод о

наличии аномалии в сети 2 или в теоретической трубопроводной сети TPN, исследуемой на этапе h). Когда процесс остановлен, следуют по маршруту 45 блок-схемы и выполняют этап, представленный на Фиг.39, по сохранению уже созданных теоретических трубопроводных сетей TPN с пониженным впускным давлением P_{IN} . В противном случае, конечно, выполняют этап k).

[189] Фиг.6 представляет собой блок-схему, более подробно иллюстрирующую возможные этапы выполнения этапа h), представленного в блоке 30 на Фиг.5 и заключающегося в определении наиболее критичного выпускного отверстия PO_i^c сети 2 или ранее созданной теоретической трубопроводной сети TPN.

[190] Первым этапом в процессе определения наиболее критичного выпускного отверстия PO_i^c трубопровода является этап 1 способа, который представлен в блоке 46 на Фиг.6. На этом первом этапе 1 способа для одного или нескольких выпускных отверстий 4 трубопровода определяют минимальное давление $P_{PO_i}^{req}$, которое требуется в любой момент времени в соответствующем местоположении UL_i пользователя, чтобы операции в этом местоположении UL_i пользователя могли выполняться непрерывно.

[191] На другом этапе m) такого способа в соответствии с изобретением который представлен в блоке 47 на Фиг.6, определяют период ΔT_m измерения, соответствующий типичному рабочему циклу трубопроводной сети 2, в течение которого следует измерять давление P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода и давления P_{PO1} , P_{PO2} , P_{PO3} , ..., P_{PON} на соответствующих выпускных отверстиях 4.

[192] На следующем этапе n) способа в соответствии с изобретением, который описан в блоке 48 на Фиг.6, в течение периода ΔT_m измерения измеряют давление P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода, а также в течение периода измерения ΔT_m измеряют давления P_{PO1} , P_{PO2} , P_{PO3} , ..., P_{PON} на соответствующих выпускных отверстиях 4 трубопровода.

[193] Примеры такого измерения давлений P_{PO1} и P_{PO2} за период ΔT_m измерения представлены на Фиг.10 и 12 для двух выпускных отверстий 4 сети 2, обозначенных, соответственно, индексом 1 и индексом 2.

[194] В предпочтительном способе в соответствии с изобретением давление P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода и давления P_{PO1} ,

$P_{PO2}, P_{PO3}, \dots, P_{PON}$ на соответствующих выпускных отверстиях 4 трубопровода измеряют синхронно во время периода ΔT_m измерения на этапе n) способа.

[195] Это является предпочтительным, поскольку таким образом общая нагрузка, которой подвергается трубопроводная сеть 2, может быть известна в любой момент времени наиболее точным способом.

[196] Колебание давлений $P_{IN}, P_{PO1}, P_{PO2}, P_{PO3}, \dots, P_{PON}$ за период ΔT_m измерения можно, например, определить аналоговым способом.

[197] Однако с помощью современных технологий в предпочтительном способе в соответствии с изобретением измерение давлений $P_{IN}, P_{PO1}, P_{PO2}, P_{PO3}, \dots, P_{PON}$ в течение периода ΔT_m измерения на этапе n) способа осуществляют цифровое измерение давления, которое выполняют одновременно на различных соответствующих выпускных отверстиях 4 и в дискретные моменты времени t_1, t_2, t_3, \dots в течение периода ΔT_m измерения.

[198] Дискретные моменты времени t_1, t_2, t_3, \dots должны быть близко друг к другу по сравнению со скоростью, с которой происходят изменения нагрузки на выпускные отверстия 4 сети 2, чтобы не возникало ситуаций, когда при измерении давлений $P_{IN}, P_{PO1}, P_{PO2}, P_{PO3}, \dots, P_{PON}$ пропускают высокую нагрузку.

[199] В предпочтительном способе в соответствии с изобретением этап h) определения наиболее критичного выпускного отверстия PO_i^c трубопровода, который представлен на Фиг.5, дополнительно включает также следующие этапы.

[200] После измерения соответствующих давлений на этапе n) можно сделать оценку (которая представлена ромбом 49 на Фиг.6), является ли трубопроводная сеть, из которой необходимо определить наиболее критичное выпускное отверстие PO_i^c трубопровода, исходной трубопроводной сетью 2 или представляет собой ранее созданную теоретическую трубопроводную сеть TPN.

[201] Если рассматриваемая трубопроводная сеть 2 представляет собой ранее созданную теоретическую трубопроводную сеть TPN, следует следовать по маршруту 50 на блок-схеме, показанной на Фиг.6, и в этом случае возможным следующим этапом в способе изобретения является этап o), который представлен в блоке 51 на Фиг.6. Этот этап o) состоит из расчета

виртуального давления $P_{PO_i}^v$ в течение периода ΔT_m измерения на одном или нескольких выпускных отверстиях 4 теоретической трубопроводной сети TPN, для которой и рассматривается виртуальная модификация или реконфигурация сети 2.

[202] Этот этап о) необходим, поскольку измерения давлений P_{IN} , P_{PO_1} , P_{PO_2} , P_{PO_3} , ..., P_{PON} , полученные на этапе n) способа, представляют собой давления P_{IN} , P_{PO_1} , P_{PO_2} , P_{PO_3} , ..., P_{PON} , присутствующие в реальной трубопроводной сети 2. При введении виртуальной реконфигурации в трубопроводной сети 2 по меньшей мере на одном или нескольких выпускных отверстиях PO_i трубопроводов и, возможно, на всех выпускных отверстиях PO_i трубопроводов, следует учитывать не измеренные реальные давления P_{PO_i} , а следует принимать во внимание расчетные виртуальные давления P_{IN}^v и/или $P_{PO_i}^v$ при поиске наиболее критичного выпускного отверстия PO_i^c трубопровода в той теоретической трубопроводной сети TPN, в которой предлагается виртуальная реконфигурация в реальной сети 2. Предпочтительно, давления P_{IN} , P_{PO_1} , P_{PO_2} , P_{PO_3} , ..., P_{PON} , измеренные в течение периода ΔT_m измерения в реальной сети 2 на этапе n), служат основой для расчета вышеупомянутых виртуальных давлений P_{IN}^v и/или $P_{PO_i}^v$ в течение периода ΔT_m измерения в рассматриваемой теоретической трубопроводной сети TPN. Выпускное отверстие PO_i трубопровода, где должно быть рассчитано такое виртуальное давление $P_{PO_i}^v$, представляет собой выпускные отверстия PO_i трубопровода, которые, как ожидается, будут испытывать сильное влияние из-за предлагаемой виртуальной реконфигурации сети 2.

[203] Далее способ переходит к этапу р), который показан в блоке 52 на Фиг.6 и достигается маршрутом 53 блок-схемы в случае, если исследуемая трубопроводная сеть является реальной сетью 2, или маршрутом 54 после выполнения этапа о). На этом этапе р) в течение периода ΔT_m измерения рассчитывают разницу между обычно меняющимися давлениями P_{PO_i} или виртуальными давлениями $P_{PO_i}^v$ на каждом соответствующем выпускном отверстии 4 трубопровода и соответствующими минимальными давлениями $P_{PO_i}^{req}$, которые необходимы в любой момент времени в соответствующем местоположении UL_i пользователя, чтобы найти соответствующие избыточные давления OP_{PO_i} или виртуальные избыточные давления $OP_{PO_i}^v$ на

соответствующем выпускном отверстии 4 трубопровода. Эти избыточные давления OP_{PO_i} или виртуальные избыточные давления $OP_{PO_i}^v$ обычно также изменяются в течение периода ΔT_m измерения.

[204] Термин избыточное давление OP_{PO_i} или виртуальное избыточное давление $OP_{PO_i}^v$ следует понимать правильно. Такое избыточное давление OP_{PO_i} или виртуальное избыточное давление $OP_{PO_i}^v$ может быть положительным или отрицательным, поскольку оно является результатом вычитания между измеренным давлением P_{PO_i} или расчетным виртуальным давлением $P_{PO_i}^v$ на выпускном отверстии 4 трубопровода и соответствующим минимальным необходимым давлением $P_{PO_i}^{req}$ на этом выпускном отверстии 4.

[205] Это означает, что такое избыточное давление OP_{PO_i} или виртуальное избыточное давление $OP_{PO_i}^v$ фактически может быть «отрицательным давлением» в случае, если результат расчета отрицательный.

[206] В примере, показанном на Фиг.10, в течение периода ΔT_m измерения наблюдаются только положительные измеренные избыточные давления OP_{PO_1} и OP_{PO_2} , тогда как в примере, показанном на Фиг.12, измеренное давление P_{PO_1} на выпускном отверстии PO_1 трубопровода падает ниже минимально требуемого давления $P_{PO_1}^{req}$ на выпускном отверстии PO_1 трубопровода в течение определенного интервала Δt времени в пределах периода ΔT_m измерения, так что избыточное давление OP_{PO_1} на выпускном отверстии PO_1 трубопровода временно становится отрицательным в течение этого интервала Δt времени. Тот факт, что в течение интервала Δt времени давление P_{PO_1} на выпускном отверстии PO_1 трубопровода ниже минимально необходимого давления $P_{PO_1}^{req}$ на этом же выпускном отверстии PO_1 трубопровода можно рассматривать как аномалию нормальных условий эксплуатации.

[207] В способе в соответствии с изобретением процесс определения наиболее критичного выпускного отверстия PO_i^c трубопровода включает также этап q), который представлен блоком 55 на Фиг.6, где для каждого рассматриваемого выпускного отверстия 4 ($PO_1, PO_2, PO_3, \dots PO_N$) трубопровода минимальные избыточные давления $OP_{PO_1}^{min}, OP_{PO_2}^{min}, OP_{PO_3}^{min}, \dots$ и $OP_{PO_N}^{min}$ или в зависимости от соответствующего выпускного отверстия PO_i трубопровода минимальные виртуальные избыточные давления $OP_{PO_1}^{vmin},$

$OP_{PO_2}^{vmin}$, $OP_{PO_3}^{vmin}$, ... и OP_{PON}^{vmin} , возникающие или рассчитываемые в течение периода ΔT_m измерения, ищут таким образом, чтобы получить ряд минимальных избыточных давлений $OP_{PO_i}^{min}$ или $OP_{PO_i}^{vmin}$, составленных из минимальных избыточных давлений $OP_{PO_i}^{min}$ или минимальных виртуальных избыточных давлений $OP_{PO_i}^{vmin}$ каждого соответствующего выпускного отверстия 4 ($PO_1, PO_2, PO_3, \dots PO_N$) трубопровода.

[208] Наконец, процесс определения наиболее критичного выпускного отверстия PO_i^c трубопровода включает также этап г), который представлен в блоке 56 на Фиг.6, для определения наименьшего минимального избыточного давления SMO или наименьшего виртуального минимального избыточного давления SMO^v возникающего в трубопроводной сети 2 или в теоретической трубопроводной сети TPN в течение периода ΔT_m измерения. На этом этапе г) критичное выпускное отверстие PO_i^c трубопровода определяют как выпускное отверстие PO_i , которое связано с этим наименьшим минимальным избыточным давлением SMO или наименьшим минимальным виртуальным избыточным давлением SMO^v , возникающим или рассчитанным.

[209] Это наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее минимальное виртуальное избыточное давление SMO^v представляет собой избыточное давление одного из выпускных отверстий 4 трубопровода, которое имеет наименьшее значение в ряду, состоящем из «реальных» минимальных избыточных давлений $OP_{PO_i}^{min}$, имеющих в реальной трубопроводной сети 2, и рассчитанных виртуальных минимальных избыточных давлений $OP_{PO_i}^{vmin}$ соответствующих выпускных отверстий 4 трубопровода, на которые влияет предполагаемая виртуальная реконфигурация трубопроводной сети 2. Как объяснялось выше, «реальные» минимальные избыточные давления $OP_{PO_i}^{min}$ определяют путем вычитания измеренного давления P_{PO_i} и минимально необходимого давления на соответствующем выпускном отверстии PO_i трубопровода. Как следствие, «реальные» минимальные избыточные давления $OP_{PO_i}^{min}$ на практике обычно также рассчитывают, но минимальные избыточные давления $OP_{PO_i}^{min}$ чему-то соответствуют в реальности.

[210] В примере на Фиг.10 наименьшее минимальное избыточное давление SMO представляет собой минимальное избыточное давление

OP_{PO1}^{\min} на выпускном отверстии PO_1 трубопровода, поскольку в этом случае минимальное избыточное давление OP_{PO1}^{\min} является наименьшим минимальным избыточным давлением SMO в ряду минимальных избыточных давлений, состоящем только из OP_{PO1}^{\min} и OP_{PO2}^{\min} .

[211] В примере на Фиг.12 наименьшее минимальное избыточное давление SMO также является минимальным избыточным давлением OP_{PO1}^{\min} на выпускном отверстии PO_1 трубопровода.

[212] В этом примере, показанном на Фиг.12, абсолютное значение минимального избыточного давления OP_{PO1}^{\min} , возникающего на выпускном отверстии PO_1 трубопровода, может быть не меньше абсолютного значения минимального избыточного давления OP_{PO2}^{\min} , возникающего на выпускном отверстии PO_2 трубопровода, но в этом случае минимальное избыточное давление OP_{PO1}^{\min} имеет отрицательное значение и, следовательно, меньше минимального избыточного давления OP_{PO2}^{\min} , которое является положительным минимальным избыточным давлением OP_{PO2}^{\min} .

[213] Таким образом, наименьшее минимальное избыточное давление SMO в этом примере снова равно OP_{PO1}^{\min} .

[214] В предпочтительном способе в соответствии с изобретением этапу г), возможно, предшествует этап, предваряющий этап г), представленный блоком 57 на Фиг.6, где ряд состоит из минимальных избыточных давлений OP_{PO1}^{\min} и соответствующих виртуальных минимальных избыточных давлений $OP_{PO1}^{v\min}$ всех выпускных отверстий 4 трубопровода, отсортированных по возрастанию размера от наименьшего минимального избыточного давления SMO или наименьшего виртуального минимального избыточного давления SMO^v до наибольшего минимального избыточного давления SMO или наибольшего виртуального минимального избыточного давления SMO^v .

[215] В этом случае этап г) способа состоит из простого принятия первого значения в отсортированном ряду, который состоит из минимальных избыточных давлений OP_{PO1}^{\min} и соответствующих виртуальных минимальных избыточных давлений $OP_{PO1}^{v\min}$ как наименьшего минимального избыточного давления SMO или наименьшего виртуального минимального избыточного давления SMO^v , имеющегося или рассчитанного на соответствующем выпускном отверстии 4 трубопровода в течение периода ΔT_m измерения.

[216] Определение наименьшего минимального избыточного давления SMO или наименьшего виртуального минимального избыточного давления SMO^v не только важно для нахождения наиболее критичного выпускного отверстия PO_i^c трубопровода, но также играет роль на этапе i), представленном на Фиг.5, во время которого определяют, возникает ли аномалия на соответствующем наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода, или нет. Действительно, как пояснялось выше, этот этап i) состоит из оценки того, больше ли нуля наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v , возникающее в трубопроводной сети 2 в течение периода ΔT_m измерения или нет, соответственно, что соответствует отсутствию и наличию аномалии.

[217] Определение наименьшего минимального избыточного давления SMO или наименьшего виртуального минимального избыточного давления SMO^v также может играть роль на этапе j) способа, также представленного на Фиг.5, который представляет собой этап, выполняемый при отсутствии (реальной или виртуальной) аномалии, найденной на этапе i).

[218] На Фиг.7 представлена блок-схема, на которой подробно описаны этапы i), j) и k). Из этой блок-схемы видно, что, в соответствии с изобретением, предпочтительно на этапе j) предлагают снизить начальное впускное давление P_{IN}^{init} трубопроводной сети 2 на величину ΔP_{decr} , которое равно или немного больше или немного меньше наименьшего минимального избыточного давления SMO или наименьшего виртуального минимального избыточного давления SMO^v , возникающего или рассчитанного в трубопроводной сети 2 или теоретической трубопроводной сети TPN в течение периода ΔT_m измерения.

[219] Таким образом, впускное давление P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода, которое совпадает с выпускным давлением PC_{OUT} компрессора, фактически устанавливается на новое впускное давление P_{IN}^{vnew} , которое является начальным впускным давлением P_{IN}^{init} , из которого вычитается наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v или немного большее или немного меньшее давление ($P_{IN}^{vnew} = P_{IN}^{init} - SMO$ или

$$P_{IN}^{vnew} = P_{IN}^{init} - SMO^v).$$

[220] Причина выбора уменьшения ΔP_{decr} , равного наименьшему минимальному избыточному давлению SMO или наименьшему виртуальному минимальному избыточному давлению SMO^v , конечно, заключается в том, что наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v является хорошей оценкой избыточного давления, которое доступно или которое, как ожидается, будет доступно в трубопроводной сети 2 во время работы при реализации.

[221] Обычно трубопроводную сеть 2 проектируют таким образом, чтобы падение давления в ней из-за потерь на трение при максимальной нагрузке составляло не более 3–5% по всей длине трубопровода от впускного отверстия 3 главного трубопровода до соответствующего выпускного отверстия PO_i трубопровода.

[222] В этих условиях наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v на выпускных отверстиях PO_i трубопровода является хорошей мерой избыточного давления, доступного или ожидаемого на впускном отверстии 3 главного трубопровода, при этом ошибка, возникающая из-за этого предположения, в этих условиях ничтожно мала.

[223] Преимущество такого варианта выполнения способа в соответствии с изобретением состоит в том, что впускное давление P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода сети 2 устанавливают на более низком уровне, что возможно, поскольку избыточное давление OP_{PO_i} или виртуальное минимальное избыточное давление $OP_{PO_i}^v$ на выпускных отверстиях PO_i трубопровода больше нуля в течение всего времени работы, что позволяет экономить энергию и деньги. Величину ΔP_{decr} , на которую снижают впускное давление P_{IN} , предпочтительно выбирают таким образом, чтобы во время работы не было бы никаких аномалий или отсутствия давления ни на одном из выпускных отверстий PO_i трубопровода.

[224] Причина, по которой немного меньшая величина ΔP_{decr} давления может быть вычтена из начального впускного давления P_{IN}^{init} , заключается в сохранении небольшого запаса прочности, чтобы гарантировать, что давление P_{PO_i} на соответствующем наиболее критичном выпускном отверстии PO_i

трубопровода после уменьшения начального впускного давления P_{IN}^{init} поддерживается в любой момент выше соответствующего минимально необходимого давления $P_{PO_i}^{req}$ на этом выпускном отверстии PO_i трубопровода.

[225] В случае, если запас прочности не нужен, можно также вычесть немного большую величину Δ_{decr}^+ давления из начального впускного давления P_{IN}^{init} , чтобы можно было максимизировать энергетический выход за счет того, чтобы всегда иметь минимально необходимое давление $P_{PO_i}^{req}$ на этом выпускном отверстии PO_i .

[226] Фиг.8 изображает другую блок-схему, которая более подробно иллюстрирует возможную реализацию этапа k) способа в соответствии с изобретением который представлен на Фиг.5, где генерируют одну или несколько теоретических трубопроводных сетей TPN, соответствующих виртуальным реконфигурациям трубопроводной сети 2.

[227] Конечно, в изобретении не исключена возможность реализовать этот этап k) совершенно другим способом.

[228] Предпочтительно, в соответствии с изобретением, выполнение этапа способа оценки одной или нескольких виртуальных реконфигураций системы 1, представленного на Фиг.3, включает оценку полезности реконфигурации трубопроводной сети 2, которая включает увеличение диаметра D трубопровода одной или нескольких частей сети 2 между впускным отверстием 3 главного трубопровода и наиболее критичным выпускным отверстием PO_i^c трубопровода, где измеряют наименьшее минимальное избыточное давление SMO или обнаруживают наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v , при этом соответствующую теоретическую трубопроводную сеть TPN создают на этапе k) способа. Эта генерация такой TPN представлена маршрутом 58 на Фиг.8.

[229] В другом предпочтительном способе в соответствии с изобретением выполнение этапа оценки одной или нескольких виртуальных реконфигураций системы 1, представленного на Фиг.3, включает оценку полезности виртуальной реконфигурации сети 2, которая включает установку одной или нескольких локальных буферных емкостей в части сети 2 между впускным отверстием 3 главного трубопровода и наиболее критичным выпускным отверстием PO_i^c трубопровода, где измеряют наименьшее

минимальное избыточное давление SMO или обнаруживают наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление SMO^v, при этом соответствующую теоретическую трубопроводную сеть TPN генерируют на этапе k) способа. Эта генерация такой TPN представлена маршрутом 59 на Фиг.8.

[230] Могут быть сгенерированы и другие возможные виртуальные реконфигурации сети 2 и соответствующих теоретических трубопроводных сетей TPN, которые представлены маршрутом 60 на Фиг.7.

[231] Иногда может быть интересно использовать дополнительный критерий для принятия решения о том, следует ли оценивать определенную виртуальную реконфигурацию трубопроводной сети 2 или нет. То же самое относится и к блок-схеме, показанной на Фиг.8.

[232] Такой критерий может быть основан на периоде ΔT_{an} , в котором аномалия возникает на соответствующем выпускном отверстии PO_i трубопровода с нулевым или отрицательным наименьшим минимальным избыточным давлением SMO или наименьшим виртуальным минимальным избыточным давлением SMO^v.

[233] Этот период ΔT_{an} , в течение которого возникает аномалия, представляет собой общий период времени, в течение которого измеренное давление P_{PO_i} или расчетное виртуальное давление P_{PO_i}^v на соответствующем выпускном отверстии PO_i трубопровода ниже минимального давления P_{PO_i}^{req}, которое требуется в любой момент времени на этом выпускном отверстии PO_i трубопровода и/или в соответствующем местоположении UL_i пользователя.

[234] Такой критерий не обязательно используется в способе в соответствии с изобретением, и вопрос о том, используется или нет критерий, может быть решен, например, на дополнительном этапе s) способа, как это, например, проиллюстрировано ромбом 61 в блок-схеме на Фиг.8.

[235] Используемый критерий может, например, состоять из оценки того, превышает ли период ΔT_{an} , в котором возникает аномалия, определенный заданный критический период времени ΔT_{crit} или нет.

[236] Такое возможное использование вышеупомянутого критерия проиллюстрировано в качестве примера ромбом 62 на блок-схеме Фиг.8.

[237] Например, в предпочтительном способе в соответствии с

изобретением этап способа, представленный на Фиг.3, состоящий в оценке виртуальной реконфигурации системы 1 и, более конкретно, полезности виртуальной реконфигурации сети 2 путем увеличения диаметра D трубопровода части сети 2, которую необходимо проверить, выполняют только тогда, когда период ΔT_{an} , на котором возникает аномалия, превышает указанный заданный период ΔT_{crit} времени. Это соответствует маршруту 58 на Фиг.8.

[238] Это имеет смысл, поскольку попытка замены всей части трубопровода сети 2 на часть трубопровода большего диаметра D эффективна только в том случае, если аномалия достаточно велика или происходит в течение достаточно длительного периода ΔT_{an} , более длительного, чем заданный период ΔT_{crit} времени. Более того, при возникновении аномалии в течение слишком длительного периода ΔT_{an} проблему нелегко решить путем установки локального сосуда под давлением, поскольку для этого потребуется слишком большой сосуд под давлением.

[239] Более того, в еще одном предпочтительном способе в соответствии с изобретением на этапе способа оценки виртуальной реконфигурации системы 1 и, более конкретно, полезности виртуальной реконфигурации сети 2, представленного на Фиг.3, на котором должен быть проверен локальный буферный резервуар, включенный в сеть 2, выполняют только тогда, когда период ΔT_{an} , на котором возникает аномалия, не превышает указанный заданный период ΔT_{crit} времени. Это соответствует маршруту 59 на Фиг.8.

[240] По аналогичным причинам имеет смысл такого применения критерия. Действительно, включение локального сосуда под давлением в трубопроводную сеть 2 практически осуществимо только в том случае, если длительность периода ΔT_{an} аномалии не слишком велика, если по меньшей мере его размеры должны удерживаться в допустимых пределах.

[241] Из изобретения не исключено включение оценки полезности еще других виртуальных реконфигураций трубопроводной сети 2 для повышения ее эффективности, например, виртуальных реконфигураций, которые представляют собой комбинацию вышеупомянутых реконфигураций за счет увеличения диаметра трубопровода или включения локального сосуда под

давлением.

[242] Другая возможная виртуальная реконфигурация сети 2 или системы 1 может включать перемещение компрессора 11 таким образом, чтобы обеспечить соединение между компрессором 11 и сетью 2 в другом месте, например, на ответвлении 7 или подответвлении 8.

[243] В качестве альтернативы, в сеть 2 можно вставить дополнительный источник 10 текучей среды под давлением или компрессор 11, а также можно рассмотреть возможность других реконфигураций сети 2. Это соответствует маршруту 60 на Фиг.7.

[244] Такие дополнительные оценки других виртуальных реконфигураций сети 2 также могут быть поставлены в зависимость от других критериев, но, в соответствии с изобретением, это также не обязательно.

[245] Виртуальная реконфигурация сети 2, при которой увеличивают диаметр D трубопровода (блок 63 на Фиг.8), может, например, включать дополнительные этапы выбора конкретного увеличенного диаметра D трубопровода (блок 64 на Фиг.8) и выбора траектории трубопровода, при этом следует использовать этот увеличенный диаметр D (блок 65 на Фиг.8).

[246] Виртуальная реконфигурация сети 2, в которую вставляют локальный буферный резервуар (блок 66 на Фиг.8), может, например, включать дополнительные этапы выбора конкретного размера сосуда под давлением (блок 67 на Фиг.8) и выбора конкретного места, где он должен быть вставлен (блок 68 на Фиг.8).

[247] Каждую сгенерированную теоретическую трубопроводную сеть TPN, в которой предлагается виртуальная реконфигурация, затем дополнительно анализируют и адаптируют на этапах h), i) и j) или k) способа (см. Фиг.5), который начинается с этапа h) определения наиболее критичного выпускного отверстия PO_i^c трубопровода рассматриваемой теоретической трубопроводной сети TPN. Это показано на Фиг.8 посредством блока 40.

[248] Путем повторения процесса можно создать несколько различных возможных теоретических трубопроводных сетей TPN или виртуальных реконфигураций системы 1. Это представлено маршрутом 69 в виде пунктирной линии на Фиг.8, причем эта линия в некоторой степени суммирует различные возможные пути на блок-схеме Фиг.5, которые, возможно,

приводят к созданию множества теоретических трубопроводных сетей TPN, в которых предлагается виртуальная реконфигурация.

[249] Наконец, Фиг.9 иллюстрирует с помощью последней блок-схемы возможную более подробную реализацию представленного на Фиг.4 этапа b) расчета потенциальной финансовой экономии PFS для каждой теоретической трубопроводной сети TPN, сгенерированной на этапе a).

[250] Перед началом расчета переменную наибольшей потенциальной финансовой экономии PFS устанавливают равной нулю. Это представлено в блоке 70 на Фиг.9. Кроме того, блок 71 на Фиг.9 иллюстрирует, что расчет потенциальной финансовой экономии PFS для каждой теоретической трубопроводной сети TPN реализуют путем итерации по набору сгенерированных теоретических трубопроводных сетей TPN и запускают, учитывая сначала первую виртуальную реконфигурацию в сгенерированном наборе.

[251] Существенная часть этапа b) расчета потенциальной финансовой экономии PFS для конкретной виртуальной реконфигурации трубопроводной сети 2 представлена в блоке 72 на Фиг.9 и состоит из этапа t) вычитания стоимости реализации виртуальной реконфигурации из экономии средств, полученных благодаря снижению впускного давления P_{IN} на предложенную величину ΔP_{decr} . Конечно, такая оценка затрат и выгод обычно также включает ожидаемый срок службы или общий ожидаемый период эксплуатации системы для текущей среды под давлением.

[252] Способ включает дополнительный этап u), представленный ромбом 73 в блок-схеме на Фиг.9, который состоит из оценки того, является ли потенциальная финансовая экономия PFS, рассчитанная на этапе t), положительной или отрицательной. Когда потенциальная финансовая экономия PFS отрицательна, например, когда экономия затрат на электроэнергию слишком мала или затраты на внедрение слишком высоки, тогда очевидно, что предлагаемая реорганизация не подходит для улучшения системы 1, так что рассчитанную до этого наибольшую потенциальную финансовую экономию PFS не следует менять (см. блок 74 и маршрут 75 на Фиг.9).

[253] Если потенциальная финансовая экономия PFS, рассчитанная на

текущий момент на этапе t), положительна, следует провести сравнение с наибольшей потенциальной финансовой экономией PFS, рассчитанной к текущему моменту, при этом наибольшая из обеих должна быть сохранена как рассчитанная на текущий момент наибольшая потенциальная финансовая экономия PFS. Это проиллюстрировано маршрутом 76 как этап v) в блоке 77 на Фиг.9.

[254] Блок 26 на Фиг.9 описывает этап с) способа, который соответствует тому же этапу с) в блоке 26, представленном на Фиг.4, при этом сохраняют по меньшей мере наибольшую рассчитанную потенциальную финансовую экономию PFS и соответствующую виртуальную реконфигурацию. Конечно, из изобретения не исключено сохранение и других виртуальных реконфигураций, реализация которых, как ожидается, приведет к более низкой потенциальной финансовой экономии PFS.

[255] Этапы t), u) и v) следует повторять для всех предлагаемых или созданных виртуальных реконфигураций или теоретических трубопроводных сетей TPN до тех пор, пока не будет достигнута последняя виртуальная реконфигурация. Следовательно, способ содержит этап x), на котором иницируют оценку следующей виртуальной реконфигурации сгенерированного набора до тех пор, пока не будет достигнута последняя виртуальная реконфигурация. Это представлено ромбом 78, блоком 79 и маршрутом 80 на Фиг.9. Итерацию по всему набору сгенерированных теоретических трубопроводных сетей TPN прекращают, когда достигается последняя виртуальная реконфигурация (маршрут 81, который заканчивается в блоке 26, представляющем этап с).

[256] Это приводит к различным потенциальным финансовым экономиям PFS, и по меньшей мере виртуальную реконфигурацию, которая связана с наибольшей потенциальной финансовой экономией PFS, предпочтительно сохраняют на этапе с) и предлагают для реализации на этапе f) (см. Фиг.3 и 4).

[257] Фиг.10 иллюстрирует изменение давлений P_{PO1} и P_{PO2} , соответственно, на двух выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 трубопровода и P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода, измеренных в течение периода ΔT_m измерения на этапе n) способа в соответствии с изобретением (см.

Фиг.6).

[258] Очевидно, что соответствующие давления P_{PO1} и P_{PO2} на выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 трубопровода остаются выше соответствующих минимально требуемых давлений P_{PO1}^{req} и P_{PO2}^{req} , которые необходимы на этих выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 трубопровода во время работы, как определено на этапе m) способа в соответствии с изобретением (см. еще раз Фиг.6).

[259] Это означает, что избыточное давление OP_{PO1} или OP_{PO2} на выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 трубопровода, которое представляет собой разницу между соответствующим давлением P_{PO1} или P_{PO2} и соответствующим минимальным требуемым давлением P_{PO1}^{req} или P_{PO2}^{req} , всегда является положительным избыточным давлением OP_{PO1} или OP_{PO2} в течение всего периода ΔT_m измерения.

[260] Как следствие, в примере на Фиг.10 на выпускных отверстиях PO_i трубопровода сети 2 всегда имеется избыток давления, чем строго необходимо для правильного функционирования на этих выпускных отверстиях PO_i трубопровода в течение всего периода ΔT_m измерения. Это также соответствует ситуации, когда в течение периода ΔT_m измерения не обнаруживается никакой аномалии (см. этапы i и j на Фиг.5).

[261] Следовательно, в этой ситуации можно уменьшить впускное давление P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода, не вызывая каких-либо аномалий или препятствий для операций во время типичного рабочего цикла, даже после снижения впускного давления P_{IN} . Какова максимальная величина ΔP_{decr} , на которую можно уменьшить впускное давление P_{IN} , не вызывая каких-либо аномалий во время работы?

[262] В способе в соответствии с изобретением это определяют систематическим образом путем сначала определения наиболее критичного выпускного отверстия PO_i^c сети 2 (см. этап h в блок-схеме на Фиг.5).

[263] Как определено на этапах q) и r) (см. Фиг.6) предпочтительного способа в соответствии с изобретением, наиболее критичным выпускным отверстием PO_i^c трубопровода является выпускное отверстие PO_i трубопровода, где наблюдается или рассчитывается наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее минимальное виртуальное

избыточное давление SMO^v .

[264] На Фиг.10 на графиках указаны минимальные избыточные давления OP_{PO1}^{\min} и OP_{PO2}^{\min} давлений P_{PO1} и P_{PO2} на выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 труб. Оба минимальных избыточных давления OP_{PO1}^{\min} и OP_{PO2}^{\min} четко положительные (>0).

[265] Кроме того, минимальное избыточное давление OP_{PO1}^{\min} меньше минимального избыточного давления OP_{PO2}^{\min} , так что минимальное избыточное давление OP_{PO1}^{\min} в данном случае является наименьшим минимальным избыточным давлением SMO , которое состоит из измерений давлений P_{PO1} и P_{PO2} только на двух выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 трубопровода.

[266] Так, в случае, представленном на Фиг.10, первое выпускное отверстие PO_1 является наиболее критичным выпускным отверстием PO_1^c (см. этап g на Фиг.6 и этап h на Фиг.5).

[267] Поскольку аномалия отсутствует или, что то же самое, поскольку наименьшее минимальное избыточное давление SMO является строго положительным, на этапе i) способа в соответствии с изобретением (см. Фиг.5), принимают решение сгенерировать теоретическую трубопроводную сеть TRN , в которой впускное давление P_{IN} уменьшается на величину ΔP_{decr} (см. этап j на Фиг.5).

[268] Эту величину ΔP_{decr} снижения давления обычно выбирают равной наименьшему минимальному избыточному давлению SMO или наименьшему минимальному виртуальному избыточному давлению SMO^v , как показано на Фиг.7 (этап j). Причина, конечно, состоит в том, что наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее минимальное виртуальное избыточное давление SMO^v является хорошей оценкой максимально возможного снижения давления без возникновения каких-либо аномалий в сети 2, если предполагается, что операции всегда выполняются более или менее аналогичным образом и что период ΔT_m измерения является достаточно продолжительным и, таким образом, репрезентативным для регистрации типичных критичных событий, происходящих во время работы.

[269] Как объяснялось выше, на этапе j) можно принять решение об уменьшении впускного давления P_{IN} на величину ΔP_{decr} , которая немного

меньше или немного больше предлагаемой величины ΔP_{decr} , равной наименьшему минимальному избыточному давлению SMO или наименьшему минимальному виртуальному избыточному давлению SMO^v , например, в зависимости от того, учитывается ли определенный фактор риска при соблюдении определенного запаса прочности или нет. В другом случае можно принять решение, что не так важно, чтобы определенные операции всегда обеспечивались на сто процентов, и можно принять решение уменьшить впускное давление P_{IN} на величину ΔP_{decr} , которая немного больше или существенно больше, чем предлагаемая величина ΔP_{decr} , равная наименьшему минимальному избыточному давлению SMO или наименьшему минимальному виртуальному избыточному давлению SMO^v .

[270] Фиг.11 аналогично Фиг.10 иллюстрирует виртуальные давления P_{PO1}^v и P_{PO2}^v в предлагаемой теоретической трубопроводной сети TPN, в которой начальное впускное давление $P_{\text{IN}}^{\text{init}}$ было виртуально уменьшено на величину ΔP_{decr} , равную измеренному наименьшему минимальному избыточному давлению SMO, которое представляет собой минимальное избыточное давление $OP_{\text{PO1}}^{\text{min}}$, измеренное на первом выпускном отверстии PO_1 трубопровода. Новое виртуальное впускное давление $P_{\text{IN}}^{\text{vnew}}$ указано на чертеже.

[271] В соответствии с изобретением, этот этап расчета виртуальных давлений P_{PO1}^v и P_{PO2}^v не является строго необходимым, поскольку достаточно рассчитать потенциальную финансовую экономию PFS предлагаемой теоретической трубопроводной сети TPN с уменьшенным P_{IN} , как указано на этапе b) на Фиг.4. Однако в целях пояснения того, что произойдет, если впускное давление P_{IN} уменьшится, давления P_{PO1}^v и P_{PO2}^v на соответствующих выпускных отверстиях P_{PO1} и P_{PO2} трубопровода показаны на Фиг.11.

[272] В этом случае предполагается, что виртуальные давления P_{PO1}^v и P_{PO2}^v являются расчетными давлениями, основанными на более ранних измерениях в течение периода ΔT_m измерения, но аналогичный и, возможно, более точный график можно было бы получить, например, после реального уменьшения начального впускного давления $P_{\text{IN}}^{\text{init}}$ до нового впускного давления $P_{\text{IN}}^{\text{new}}$ и реально измерив давления P_{PO1} и P_{PO2} на выпускных отверстиях P_{PO1} и P_{PO2} трубопровода в течение нового периода ΔT_m измерения.

[273] Понятно, что предлагаемым снижением впускного давления P_{IN} на впускном отверстии 3 главного трубопровода на величину ΔP_{decr} , равную измеренному наименьшему минимальному избыточному давлению SMO, или, что то же самое, снижением впускного давления P_{COUT} на выпускном отверстии 13 компрессора 11 улучшается или оптимизируется энергоэффективность или энергопотребление системы 1, включая компрессор 11, сеть 2,

[274] Меньше энергии потребляется, когда компрессор 11 работает при более низком давлении на выпускном отверстии P_{COUT} , что приводит к снижению эксплуатационных затрат, как объяснено во введении.

[275] На Фиг.11 также показаны виртуальные давления P_{PO1}^v и P_{PO2}^v , которые рассчитываются, соответственно, на выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 трубопровода после виртуального приложения нового виртуального впускного давления P_{IN}^{vnew} . Эти виртуальные давления P_{PO1}^v и P_{PO2}^v также уменьшаются примерно на ту же величину ΔP_{decr} , соответствующую наименьшему минимальному избыточному давлению SMO или наименьшему минимальному виртуальному избыточному давлению SMO^v в трубопроводной сети 2, по сравнению с первоначально измеренными давлениями P_{PO1} и P_{PO2} , соответственно, на выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 трубопровода, когда все еще приложено исходное впускное давление P_{IN}^{init} .

[276] Поэтому, как видно на Фиг.11, после виртуального приложения нового виртуального впускного давления P_{IN}^{vnew} избыточные давления OP_{PO1}^v и OP_{PO2}^v в течение операции всегда положительны или равны нулю, или, при этом практически никогда не бывает недостатка давления P_{PO1}^v и P_{PO2}^v ни на одном из выпускных отверстий PO_1 и PO_2 трубопровода, поскольку эти давления P_{PO1}^v и P_{PO2}^v всегда превышают соответствующие требуемые минимальные давления P_{PO1}^{req} и P_{PO2}^{req} .

[277] Это указывает на то, что после оптимизации или повышения эффективности или снижения потребления энергии системы 1 операции, выполняемые с помощью инструментов A1, A2 и т.д., выполняемые на соответствующих выпускных отверстиях PO_1 , PO_2 , ... сети 2, все еще могут, возможно, происходить непрерывно.

[278] Понятно, что из-за практически уменьшенного впускного

давления P_{IN}^{vnew} минимальное (виртуальное) избыточное давление $OP_{PO1}^{(v)min}$, которое следует ожидать на первом выпускном отверстии PO_1 трубопровода, равно нулю или больше или меньше нуля. Это также указано на Фиг.11.

[279] Поскольку в случае на Фиг.10 отсутствует аномалия на выпускных отверстиях PO_1 трубопровода, то предлагаемое улучшение сети 2 может быть получено без ее какой-либо виртуальной или реальной реконфигурации, за исключением уменьшения впускного давления P_{IN}^{init} на величину ΔP_{decr} .

[280] Тем не менее, как показано на Фиг.5 ромбом 34 и маршрутом 35, предлагаемая теоретическая трубопроводная сеть TPN с пониженным впускным давлением P_{IN} также может служить основой для создания другой теоретической трубопроводной сети на этапе k), представленной блоком 42 на Фиг.5.

[281] В этом случае давления P_{PO1}^v и P_{PO2}^v на соответствующих выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 трубопровода действительно должны быть рассчитаны или определены иным образом, чтобы давления P_{PO1}^v и P_{PO2}^v на выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 трубопровода после виртуального уменьшения начального впускного давления P_{IN}^{init} до нового впускного давления P_{IN}^{vnew} стали известны и могли быть использованы на следующих этапах способа, на которых, например, определяют наиболее критичное выпускное отверстие PO_i^c трубопровода для использования на этапе k), и так далее.

[282] Итак, теперь рассмотрим случай, представленный на Фиг.10 и 11, когда аномалия отсутствует. Что необходимо сделать в соответствии со способом в соответствии с изобретением после этапа a), на котором генерируют теоретическую трубопроводную сеть TPN с виртуальным впускным давлением P_{IN}^{vnew} , которое уменьшено на величину ΔP_{decr} , при этом дополнительно не применяют виртуальные реконфигурации?

[283] Из Фиг.4 ясно, что необходимо выполнить этап b) для расчета потенциальной финансовой экономии PFS для рассматриваемой теоретической трубопроводной сети TPN. Применяемая формула проиллюстрирована на этапе t), представленном в блоке 72 на Фиг.9.

[284] Потенциальная финансовая экономия PFS – это экономия энергии, полученная вследствие практически сниженного впускного давления P_{IN}^{vnew} по

сравнению с начальным впускным давлением P_{IN}^{init} , из которого следует вычесть затраты на реализацию теоретической трубопроводной сети TPN. В этом случае уменьшается только начальное впускное давление P_{IN}^{init} , так что практически нет никаких затрат на реализацию, за исключением установки выпускного давления $P_{C_{OUT}}$ компрессора на более низкое значение, что по существу является не требующей затрат операцией.

[285] Поэтому можно применить формулу, приведенную во введении:

$$PFS = \left(\frac{\Delta p}{0.1}\right) \times V \times R_h \times 0,35 \times 0,007 \times C_e$$

Различные параметры заключаются в следующем:

$\Delta p = \Delta P_{decr} =$ снижение давления на выпускном отверстии компрессора

$V =$ объемный расход

$R_h =$ часы работы

$C_e =$ стоимость электроэнергии

[286] Очевидно, что эта теоретическая трубопроводная сеть TPN является хорошим кандидатом на выбор в случае отсутствия каких-либо аномалий на выпускных отверстиях PO_i трубопровода, поскольку никаких затрат на реализацию не требуется, так что эта теоретическая трубопроводная сеть TPN вполне может представлять собой улучшение, которое, как ожидается, приведет к наибольшей потенциальной финансовой экономии PFS.

[287] Конечно, возможно создание и других теоретических трубопроводных сетей TPN, например, через маршруты 35 и 37 в блок-схеме на Фиг.5, которые включают виртуальные реконфигурации трубопроводной сети 2, предполагающие реальные затраты на реализацию. В этом случае эти дополнительно созданные теоретические трубопроводные сети TPN должны быть оценены на этапах t), u), v) и x) блок-схемы, показанной на Фиг.9. Возможно, одна из этих дополнительных теоретических трубопроводных сетей TPN может оказаться еще более интересной для реализации. Например, это может быть тот случай, когда экономия энергии, полученная за счет еще более низкого впускного давления P_{IN} , ставшая возможной благодаря реконфигурации сети 2, значительно превышает затраты на реализацию соответствующей виртуальной реконфигурации сети 2.

[288] Теперь рассмотрим случай, когда на этапе i) способа,

представленного на Фиг.5, определяют, что наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее минимальное виртуальное избыточное давление SMO^v равно нулю или меньше нуля. Так обстоит дело, например, на Фиг.12.

[289] Как показано ромбом 44 на Фиг.5, в этом случае следующий этап может просто состоять из принятия решения о том, что не следует не создавать никаких дополнительных теоретических трубопроводных сетей TPN для улучшения или оптимизации эффективности системы 1. Способ затем продолжают выполнением оценки уже сформированного набора теоретических трубопроводных сетей TPN (см. маршрут 44 и блок 39 на Фиг.5).

[290] В качестве альтернативы или дополнительно, когда наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее минимальное виртуальное избыточное давление SMO^v равно нулю или ниже нуля, на этапе i) способа может быть принято решение предпринять попытку противодействовать очевидно существующей аномалии или отсутствию давления на соответствующем наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода путем увеличения начального давления P_{IN}^{init} на величину, равную или немного ниже или немного выше (абсолютной величины) наименьшего минимального избыточного давления SMO или наименьшего минимального виртуального избыточного давления SMO^v . В этом случае выпускное давление P_{IN}^{init} устанавливают на новое выпускное давление P_{IN}^{new} , которое является достаточно высоким, чтобы избежать возникновения каких-либо аномалий на выпускном отверстии PO_i трубопровода во время работы из-за отсутствия давления на соответствующем выпускном отверстии PO_i трубопровода. Недостатком такой практики, конечно, является то, что потребление энергии или эффективность системы 1 не улучшается и не оптимизируется, а, наоборот, увеличивается потребление энергии или снижается эффективность. По этой причине такая возможность не указана в блок-схеме на Фиг.5.

[291] Однако в более интересной реализации способа в соответствии с изобретением, когда наименьшее минимальное избыточное давление SMO или наименьшее минимальное виртуальное избыточное давление SMO^v равно

нулю или меньше нуля, на этапе k) способа, представленного в блоке 42 на Фиг.5, теоретическую трубопроводную сеть TPN генерируют с виртуально измененной частью в части сети 2, ведущей к наиболее критичному выпускному отверстию PO_1^c трубопровода. Виртуальная реконфигурация сети 2 предназначена для устранения аномалии и обеспечения возможности снижения впускного давления P_{IN} путем реализации виртуальной реконфигурации, как и в случае, рассмотренном в отношении Фиг.10 и 11.

[292] Соответствующий пример проиллюстрирован на Фиг.12-14. На Фиг.12, например, показаны колебания давлений P_{PO1} и P_{PO2} , измеренные, соответственно, на выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 трубопровода в течение периода ΔT_m измерения. Давление P_{PO1} на выпускном отверстии PO_1 трубопровода падает ниже минимального давления P_{PO1}^{req} , требуемого на этом выпускном отверстии PO_1 трубопровода.

[293] Это означает, что операции в первом местоположении UL_1 пользователя, по всей вероятности, не могут быть выполнены должным образом в течение вышеупомянутого интервала Δt времени из-за отсутствия текучей среды под достаточным давлением и, следовательно, на выпускном отверстии PO_1 трубопровода в течение интервала Δt времени явно наблюдается аномалия. Временной интервал Δt в данном случае представляет собой общий период ΔT_{an} времени, в течение которого происходит аномалия, упомянутая выше (см. Фиг.8).

[294] Избыточное давление OP_{PO1} оказывается отрицательным в течение интервала Δt времени на выпускном отверстии PO_1 трубопровода, а избыточное давление OP_{PO1} строго положительное в течение всего периода ΔT_m измерения (отсутствие аномалии на выпускном отверстии PO_2 трубопровода).

[295] Избыточное давление OP_{PO1} имеет самое низкое значение в точке, указанной минимальным избыточным давлением OP_{PO1}^{min} , т.е. в точке, где кривая давления P_{PO1} максимально опускается ниже линии, указывающей минимальное требуемое давление P_{PO1}^{req} , требуемое на этом выпускном отверстии PO_1 трубопровода.

[296] Это минимальное избыточное давление OP_{PO1}^{min} на выпускном отверстии PO_1 трубопровода, конечно, также отрицательное, тогда как

минимальное избыточное давление $OP_{PO_2}^{\min}$ на выпускном отверстии PO_2 трубопровода имеет положительное значение. Таким образом, минимальное избыточное давление $OP_{PO_1}^{\min}$ на выпускном отверстии PO_1 трубопровода в этом случае является наименьшим минимальным избыточным давлением SMO, а минимальное избыточное давление $OP_{PO_2}^{\min}$ на выпускном отверстии PO_2 трубопровода является вторым по величине минимальным избыточным давлением SSMO.

[297] В способе в соответствии с изобретением выполняют первый этап h) (представленный на Фиг.5), во время которого необходимо определить наиболее критичное выпускное отверстие PO_i^c трубопровода: Выпускное отверстие PO_1 трубопровода, которое соответствует наименьшему минимальному избыточному давлению SMO, согласно этапам q) и r) блок-схемы, показанной на Фиг.6, является наиболее критичным выпускным отверстием PO_i^c трубопровода, которое в данном случае снова является первым выпускным отверстием PO_1^c трубопровода.

[298] Затем, в обсуждаемом здесь случае, показанном на Фиг.12, на этапе i) принимают решение, что этап k) способа (оба представлены на Фиг.5) должен быть выполнен для создания теоретической трубопроводной сети TPN путем виртуального изменения части между впускным отверстием 3 главного трубопровода и выпускным отверстием PO_1^c трубопровода, поскольку на наиболее критичном выпускном отверстии PO_1^c трубопровода явно имеется аномалия ($SMO < 0$). Создание такой виртуально модифицированной части может состоять из множества приемов, таких как увеличение диаметра D трубопровода или установка локального буферного резервуара, при этом этапы, указанные на Фиг.8, могут быть приняты в качестве руководства, но другой способ создания такой теоретической трубопроводной сети TPN не исключен из изобретения.

[299] Как объяснено выше, на Фиг.12 давление P_{PO_1} на выпускном отверстии PO_1 трубопровода падает в течение интервала времени Δt ниже минимального давления $P_{PO_1}^{req}$, требуемого на этом выпускном отверстии PO_1 трубопровода. Наименьшее минимальное избыточное давление SMO в этом случае является отрицательным и представляет собой минимальное избыточное давление $P_{PO_1}^{\min}$, возникающее на выпускном отверстии PO_1

трубопровода. Временной интервал Δt в данном случае представляет собой общий период ΔT_{an} времени, в течение которого происходит аномалия, упомянутая выше.

[300] Конечно, в других случаях давление P_{PO1} может, например, несколько раз опускаться ниже минимального давления P_{PO1}^{req} , необходимого в течение интервалов $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots$ времени и в результате следует принять во внимание другой общий период ΔT_{an} времени аномалии, который представляет собой сумму этих временных интервалов $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots$.

[301] Как объяснялось выше, в качестве критерия для выбора типа реконфигурации трубопроводной системы 1, который может быть интересен для повышения ее эффективности, этот общий период ΔT_{an} времени аномалии можно, например, сравнивать с заданным критическим периодом ΔT_{crit} .

[302] В случае, если общий период ΔT_{an} времени аномалии превышает указанный заданный критический период ΔT_{crit} , можно было бы принять решение оценить реконфигурацию трубопроводной сети 2, которая заключается в увеличении диаметра D части трубопроводов в трубопроводной сети 2. (см. маршрут 58 на Фиг.8).

[303] В другом случае, когда общий период ΔT_{an} времени аномалии меньше, чем указанный заданный критический период ΔT_{crit} , можно было бы принять решение оценить реконфигурацию трубопроводной сети 2, которая заключается в установке локального сосуда под давлением в трубопроводную сеть 1 (см. маршрут 59 на Фиг.8).

[304] После создания теоретической трубопроводной сети TPN маршрут 43 на блок-схеме, показанной на Фиг.5, снова приводит к этапу h) способа, на котором снова необходимо определить наиболее критичное выпускное отверстие PO_i^c трубопровода, но на этот раз не на начальной неизменной реальной трубопроводной сети 2, а на сгенерированной теоретической трубопроводной сети TPN. Именно это показано на Фиг.13.

[305] Как показано на Фиг.6 с помощью ромба 49, маршрута 50 и блока 51, в случае, если наиболее критичное выпускное отверстие PO_i^c трубопровода должно быть определено в теоретической трубопроводной сети TPN, сначала следует определить виртуальное давление $P_{PO_i^c}^v$, рассчитанное за период ΔT_m измерения на выпускных отверстиях PO_i трубопровода, на которые

существенно влияет предлагаемая виртуальная реконфигурация.

[306] Действительно, в такой теоретической трубопроводной сети TPN можно провести теоретический расчет изменения виртуального давления $P'_{PO_1^v}$, ожидаемого на соответствующем выпускном отверстии трубопровода, которым в данном случае является выпускное отверстие PO_1 , когда к этому выпускному отверстию PO_1 трубопровода приложен тот же тип нагрузки, что и в течение периода ΔT_m измерения.

[307] В примере на Фиг.13 виртуальное давление $P_{PO_1^v}$ на выпускном отверстии PO_1 трубопровода представлено в течение гипотетического периода ΔT_m измерения в виде кривой $P_{PO_1^v}(t)$, поскольку именно на первом выпускном отверстии PO_1 трубопровода следует ожидать наибольшее изменение давления, поскольку виртуальная реконфигурация состоит из модификации части сети 2 между впускным отверстием 3 главного трубопровода и наиболее важным выпускным отверстием PO_1^c трубопровода, которое было первым выпускным отверстием PO_1 трубопровода, как определено на предыдущих этапах способа. В частности, следует ожидать (виртуального) увеличения давления на выпускном отверстии PO_1 трубопровода из-за улучшения характеристик сети 2 при виртуальной модификации, что приводит, например, к меньшим потерям на трение и, следовательно, к меньшему падению давления на соответствующей части сети 2.

[308] Виртуальное давление $P_{PO_1^v}$ предпочтительно основано на измеренном давлении P_{PO_1} , как показано на Фиг.12, причем это давление P_{PO_1} также целиком представлено на диаграмме, показанной на Фиг.13.

[309] В этом варианте выполнения способа в соответствии с изобретением предлагается рассчитывать виртуальное давление $P_{PO_1^v}$ на соответствующем выпускном отверстии PO_1 трубопровода в течение всего периода ΔT_m измерения, но, конечно, может быть, например, достаточно рассчитать или определить виртуальное давление $P_{PO_1^v}$ только в течение меньшего периода или в определенных точках измерения, например, только в тот момент, когда избыточное давление OP_{PO_1} достигает своего минимума $OP_{PO_1}^{min}$, т.е. в наиболее критический момент времени в течение периода ΔT_m измерения или в наиболее критических условиях, определяемых наибольшей нагрузкой на соответствующем выпускном отверстии PO_1 трубопровода.

[310] Выпускное давление P_{PO_2} на втором выпускном отверстии PO_2 трубопровода практически не изменится в результате предложенной виртуальной реконфигурации трубопроводной сети 2 и также полностью представлено на графике на Фиг.13.

[311] Для нахождения наиболее критичного выпускного отверстия трубопровода на графике, показанном на Фиг.13, этапы p), q) и r), представленные на Фиг.6, теперь следует применить к кривым на Фиг.13, представляющим виртуальное давление $P_{PO_1}^v$ на первом выпускном отверстии PO_1 трубопровода и измеренное давление P_{PO_2} на втором выпускном отверстии PO_2 трубопровода.

[312] На этот раз оказывается, что минимальное избыточное давление $OP_{PO_2}^{min}$ на втором выпускном отверстии PO_2 трубопровода, которое, конечно, все еще является строго положительным, меньше минимального виртуального избыточного давления $OP_{PO_1}^{vmin}$, рассчитанного на первом выпускном отверстии PO_1 трубопровода, которое также строго положительное. Поэтому на графике на Фиг.13 наименьшее минимальное избыточное давление SMO представляет собой минимальное избыточное давление $OP_{PO_2}^{min}$ на втором выпускном отверстии PO_2 трубопровода. Как следствие, в этой виртуальной конфигурации второе выпускное отверстие PO_2 трубопровода становится наиболее критичным выпускным отверстием PO_2^c трубопровода (см. этап r на Фиг.6).

[313] Наименьшее минимальное избыточное давление SMO в этом случае является строго положительным, а это означает, что при виртуальной реконфигурации ожидается, что на выпускных отверстиях PO_i трубопровода больше не возникнет аномалий. Это означает, что этап i) способа, который представлен на Фиг.5, теперь ведет к маршруту 40 и этапу j), во время которого генерируют теоретическую трубопроводную сеть TPN, в которой выпускное давление P_{IN} уменьшают способом, полностью аналогичным тому, как это было показано в отношении Фиг.10 и 11.

[314] Как более подробно показано на Фиг.7, также и в этом случае обычно предлагается уменьшить начальное выпускное давление P_{IN}^{init} на величину ΔP_{decr} , равную наименьшему минимальному избыточному давлению SMO, которое в данном случае является минимальным избыточным

давлением $OP_{PO_2}^{\min}$ на втором выпускном отверстии PO_2 трубопровода, или наименьшим минимальным виртуальным избыточным давлением SMO^v .

[315] В других случаях наименьшее минимальное избыточное давление SMO все еще может быть равно нулю или меньше нуля, и если это так, то на этапе i) способа принимают решение, что предлагаемая виртуальная реконфигурация трубопроводной сети 1 не устраняет исходную аномалию и считается непригодной для дальнейшего повышения эффективности сети 2.

[316] Фиг.14 иллюстрирует ситуацию, которую следует ожидать после применения предложенной виртуальной реконфигурации трубопроводной сети 2 и после виртуального уменьшения начального впускного давления P_{IN}^{init} на величину ΔP_{decr} , чтобы стать новым виртуально уменьшенным впускным давлением P_{IN}^{vnew} . На Фиг.14 также представлены расчетные виртуальные давления $P_{PO_1}^{v'}$ и $P_{PO_2}^{v'}$, ожидаемые на выпускных отверстиях PO_1 и PO_2 трубопровода в результате виртуально уменьшенного впускного давления P_{IN}^{vnew} и реализации виртуальной реконфигурации. Экономия энергии, ожидаемую от реализации виртуально уменьшенного впускного давления P_{IN}^{vnew} , рассчитывают совершенно эквивалентным способом, как поясняется на Фиг.10 и 11.

[317] Этап b) способа, представленного на Фиг.4, в ходе которого рассчитывают потенциальную финансовую экономию PFS сгенерированной теоретической трубопроводной сети TPN, требует этого времени, однако также расчета стоимости реализации виртуальной реконфигурации сети 2, что приводит к устранению исходной аномалии на наиболее критичном выпускном отверстии PO_i^c трубопровода (см. этап t на Фиг.9).

[318] Эта часть расчета потенциальной финансовой экономии PFS может, например, включать расчеты или оценки, поясняемые ниже.

[319] Например, если диаметр d_1 участка трубопровода в трубопроводной сети 1 изменить на диаметр d_2 , соответствующий процент снижения энергопотребления можно рассчитать по следующей формуле

$$\% \dot{X}_{el}^{reduction} = \frac{-\ln \left[1 - \frac{\Delta p_1}{p_1} \left(1 - \frac{d_1^5}{d_2^5} \right) \right]}{\ln p_1 - \ln p_{atm}}$$

в которой

p_1 = начальное давление нагнетания на соответствующем участке трубопровода;

Δp_1 = начальное падение давления на выпускном отверстии на соответствующем участке трубопровода;

$\% \dot{X}_{el}^{reduction}$ = процентное снижение мощности электрической энергии.

[320] Настоящее изобретение никоим образом не ограничивается указанными вариантами выполнения для повышения эффективности и/или увеличения объема эксплуатации системы 1 для текучей среды под давлением, как описано выше, но такой способ может применяться и реализовываться множеством различных способов без выхода за рамки объема изобретения.

[321] Настоящее изобретение также не ограничивается вариантами выполнения устройства обработки данных или компьютера, компрессора или компьютерной программы, как описано в этом описании, но такое устройство обработки данных или компьютер, такой компрессор или такая компьютерная программа могут быть реализованы совершенно разными способами без отклонения от объема изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ повышения эффективности и/или увеличения эксплуатационных возможностей системы (1) для текучей среды под давлением, которая содержит трубопроводную сеть (2) под давлением, имеющую впускное отверстие (3) главного трубопровода и несколько выпускных отверстий (4, PO_1, PO_2, \dots, PO_N) трубопровода, которые расположены в местоположениях (5, UL_1, UL_2, \dots, UL_N) пользователя, находящихся на расстоянии друг от друга, причем на впускном отверстии (3) главного трубопровода трубопроводной сети (2) впускное давление ($P_{IN}, P_{IN}^{init}, P_{IN}^{vnew}$) обеспечиваются источником (10, 11) текучей среды под давлением указанной системы (1), при этом трубопроводную сеть (2) подвергают переменной нагрузке на выпускных отверстиях (4, PO_1, PO_2, \dots, PO_N) из-за различной потребности в текучей среде под давлением во время работы пользовательских устройств или инструментов (9, A_1, A_2, \dots, A_N), соединенных с выпускными отверстиями (4, PO_1, PO_2, \dots, PO_N) трубопровода в местоположениях (5, UL_1, UL_2, \dots, UL_N) пользователя, **отличающийся** тем, что способ включает оценку одной или нескольких виртуальных реконфигураций системы (1), которая включает виртуальные изменения условий эксплуатации системы, таких как настройки давления или настройки расхода и т.д. и/или виртуальные модификации трубопроводной сети, такие как виртуальное добавление, удаление, замена и/или модификация компонентов в одной или нескольких частях трубопроводной сети, причем указанная оценка дополнительно включает:

расчет потенциальной финансовой экономии (PFS) путем повышения энергоэффективности или снижения энергопотребления, вызванных такой реконфигурацией системы (1), в сравнении с затратами на реконфигурацию системы (1), причем указанный расчет возможно включает измерение давлений (P_{IN}, P_{POi}) в системе (1);

оценку потенциальной финансовой экономии (PFS); и

предложение пользователю одной или нескольких виртуальных реконфигураций для реализации при наличии положительной потенциальной финансовой экономии (PFS).

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что он включает по меньшей мере следующие этапы:

а) создание набора из одной или нескольких теоретических трубопроводных сетей (TPN), в которых виртуально применена реконфигурация системы;

б) расчет потенциальной финансовой экономии (PFS) для каждой возможной виртуальной реконфигурации системы (1) в созданном наборе;

с) сохранение одной или нескольких расчетных потенциальных финансовых экономий (PFS) и соответствующей виртуальной реконфигурации системы (1);

д) оценка того, имеется ли в наборе по меньшей мере одна или несколько виртуальных реконфигураций системы (1), для которых при расчете была получена положительная потенциальная финансовая экономия (PFS), или нет;

е) остановка способа, если не имеется какой-либо виртуальной реконфигурации системы (1) в наборе, для которой на этапе расчета была получена положительная потенциальная финансовая экономия (PFS); и

ф) предложение пользователю для реализации одной или нескольких виртуальных реконфигураций, для которых на этапе расчета была получена положительная потенциальная финансовая экономия (PFS), если в наборе имеется по меньшей мере одна виртуальная реконфигурация системы (1), для которой на этапе расчета была получена положительная потенциальная финансовая экономия (PFS),.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что на этапе с) сохраняют наибольшую потенциальную финансовую экономию (PFS) и соответствующую виртуальную реконфигурацию системы (1), а на этапе f) предлагают для реализации пользователю виртуальную реконфигурацию системы (1) в указанном наборе с наибольшей потенциальной финансовой экономией (PFS), если по меньшей мере эта наибольшая потенциальная финансовая экономия (PFS) положительна.

4. Способ по п.2 или 3, отличающийся тем, что он включает этап g)

представления пользователю на дисплее рассчитанной потенциальной финансовой экономии (PFS) и соответствующей виртуальной одной или нескольких виртуальных реконфигураций системы (1) в наборе.

5. Способ по одному или более из пп.2-4, отличающийся тем, что этап а) создания набора из одной или нескольких теоретических трубопроводных сетей (TPN) включает следующие этапы:

h) определение наиболее критичного выпускного отверстия (PO_i^c) трубопроводной сети (2) или ранее созданной теоретической трубопроводной сети (TPN);

i) оценка того, возникает ли аномалия на соответствующем наиболее критичном выпускном отверстии (PO_i^c) трубопровода или нет;

j) если на наиболее критичном выпускном отверстии (PO_i^c) трубопровода не обнаружено аномалий, создание теоретической трубопроводной сети (TPN), в которой впускное давление (P_{IN} , P_{IN}^{new}) виртуально снижают на определенную величину (ΔP_{decr}); и

k) если на наиболее критичном выпускном отверстии (PO_i^c) трубопровода аномалия обнаружена, создание теоретической трубопроводной сети (TPN) с виртуально измененной частью в части трубопроводной сети (2), которая ведет к наиболее критичному выпускному отверстию (PO_i^c) трубопровода.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что этап h) определения наиболее критичного выпускного отверстия (PO_i^c) трубопроводной сети (2) или ранее созданной теоретической трубопроводной сети (TPN) включает следующие этапы:

l) определение, для одного или нескольких выпускных отверстий (4, PO_i) трубопровода, минимального давления ($P_{PO_i}^{req}$), которое требуется в любое время в соответствующем местоположении (5, UL_i) пользователя, так что операции в этом местоположении (5, UL_i) пользователя могут происходить непрерывно;

m) определение периода (ΔT_m) измерения, соответствующего типичному рабочему циклу трубопроводной сети (2), в течение которого будут измеряться давления (P_{IN} , P_{PO_i}) на впускном отверстии (3) главного

трубопровода и выпускных отверстиях (4, PO_i) трубопровода; и

п) измерение или установка впускного давления (P_{IN}) на впускном отверстии (3) главного трубопровода и измерение давления (P_{PO_i}) на соответствующих выпускных отверстиях (4, PO_i) трубопровода в течение указанного периода (ΔT_m) измерения.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что этап h) дополнительно включает следующие этапы:

о) если трубопроводная сеть (1) является теоретической трубопроводной сетью (TPN), расчет виртуального давления ($P_{PO_i}^v$) в течение указанного периода (ΔT_m) измерения на одном или нескольких выпускных отверстиях (4, PO_i) теоретической трубопроводной сети (TPN), для которой представляет интерес виртуальная модификация трубопроводной сети (2);

[01] о) состоит из расчета виртуального давления ($P_{PO_i}^v$) в течение указанного периода (ΔT_m) измерения на одном или нескольких выпускных отверстиях (4, PO_i) теоретической трубопроводной сети (TPN), для которой представляет интерес виртуальная модификация или реконфигурация трубопроводной сети (2);

р) расчет разницы, в течение указанного периода (ΔT_m) измерения, между возможным изменением измеренного давления (P_{PO_i}) или расчетным виртуальным давлением ($P_{PO_i}^v$) на каждом соответствующем выпускном отверстии (4, PO_i) трубопровода и соответствующим минимальным давлением ($P_{PO_i}^{req}$), которое требуется в любой момент в соответствующем местоположении (5, UL_i) пользователя, чтобы найти соответствующее избыточное давление или виртуальное избыточное давление (OP_{PO_i} , $OP_{PO_i}^v$) на соответствующем выпускном отверстии (4, PO_i) трубопровода, которое, возможно, меняется в течение указанного периода (ΔT_m) измерения;

q) определение, для каждого соответствующего выпускного отверстия (4, PO_i) трубопровода, минимального избыточного давления ($OP_{PO_i}^{min}$) или минимального виртуального избыточного давления ($OP_{PO_i}^{vmin}$), возникающего в течение указанного периода (ΔT_m) измерения, чтобы получить ряд минимальных избыточных давлений ($OP_{PO_i}^{min}$, $OP_{PO_i}^{vmin}$), составленный из минимальных избыточных давлений ($OP_{PO_i}^{min}$), имеющих или измеренных

на выпускных отверстиях ($4, PO_i$) трубопроводной сети (2), и расчетного минимального виртуального избыточного давления ($OP_{PO_i}^{vmin}$) соответствующих выпускных отверстий ($4, PO_i$) трубопровода, на которые влияет предлагаемая виртуальная реконфигурация трубопроводной сети (2); и

г) определение наименьшего минимального избыточного давления (SMO) или наименьшего минимального виртуального избыточного давления (SMO^v), возникающего в трубопроводной сети (2) или в теоретической трубопроводной сети (TPN) в течение указанного периода (ΔT_m) измерения, причем критичное выпускное отверстие (PO_i^c) трубопровода представляет собой выпускное отверстие (PO_i), которое связано с этим наименьшим минимальным избыточным давлением (SMO) или с возникающим наименьшим минимальным виртуальным избыточным давлением (SMO^v).

8. Способ по п.7, отличающийся тем, что этап i) оценки того, возникает ли аномалия на соответствующем наиболее критичном выпускном отверстии (PO_i^c) трубопровода или нет, состоит из оценки того, больше ли нуля наименьшее минимальное избыточное давление (SMO) или наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление (SMO^v), возникающее в трубопроводной сети (2) за указанный период (ΔT_m) измерения, или нет, что соответствует, соответственно, отсутствию и наличию аномалии.

9. Способ по одному или нескольким из пп.5-8, отличающийся тем, что этап j) создания теоретической трубопроводной сети (TPN), когда впускное давление (P_{IN}, P_{IN}^{vnew}) виртуально снижают, если не найдены аномалии на наиболее критичном выпускном отверстии (PO_i^c) трубопровода, включает уменьшение впускного давления (P_{IN}^{init}) трубопроводной сети (1) на величину (ΔP_{decr}), которая равна или немного больше или немного меньше, чем наименьшее минимальное избыточное давление (SMO) или наименьшее виртуальное минимальное избыточное давление (SMO^v), возникающее или рассчитанное в трубопроводной сети (2) в течение указанного периода (ΔT_m) измерения.

10. Способ по одному или нескольким из пп.5-9, отличающийся тем, что

этап к) создания теоретической трубопроводной сети (TPN) с виртуально измененной частью в части трубопроводной сети (2), что ведет к наиболее критичному выпускному отверстию (PO_i^c) трубопровода, включает создание теоретической трубопроводной сети (TPN), в которой трубопроводную сеть (2) виртуально модифицируют путем увеличения диаметра (D) трубопровода одной или нескольких частей трубопроводной сети (2) между главным впускным отверстием (3) трубопровода и наиболее критичным выпускным отверстием (4, PO_i^c) трубопровода.

11. Способ по одному или нескольким из пп.5-10, отличающийся тем, что этап к) создания теоретической трубопроводной сети (TPN) с виртуально измененной частью в части трубопроводной сети (2), что ведет к наиболее критичному выпускному отверстию (PO_i^c) трубопровода, включает создание теоретической трубопроводной сети (TPN), в которой трубопроводную сеть (2) виртуально модифицируют путем введения одного или нескольких локальных буферных резервуаров в часть трубопроводной сети (2) между впускным отверстием (3) главного трубопровода и наиболее критичным выпускным отверстием (4, PO_i^c) трубопровода.

12. Способ по п.10 и/или 11, отличающийся тем, что на этапе s) используют критерий для принятия решения о том, является ли предпочтительным создание теоретической трубопроводной сети (TPN) с увеличенным диаметром (D) части трубопроводной сети (2) или со вставленным локальным буферным резервуаром.

13. Способ по п.12, отличающийся тем, что указанный критерий зависит от общего периода (ΔT_{an}) аномалии, т.е. от общего периода времени, в течение которого измеренное давление (P_{PO_i}) на соответствующем наиболее критичном выпускном отверстии (4, PO_i^c) трубопровода ниже минимального давления ($P_{PO_i}^{req}$), которое требуется в любой момент времени в соответствующем местоположении (5, UL_i) пользователя, при этом создают теоретическую трубопроводную сеть (TPN), соответственно, с увеличенным диаметром (D) части трубопроводной сети (2) или со вставленным локальным

буферным резервуаром в части трубопроводной сети (2), когда общий период (ΔT_{an}) времени аномалии превышает заданный период (ΔT_{crit}) или когда общий период (ΔT_{an}) времени аномалии не превышает заданного периода (ΔT_{crit}).

14. Способ по одному или нескольким из пп.5-13, отличающийся тем, что этап b) расчета потенциальной финансовой экономии (PFS) для конкретной виртуальной реконфигурации трубопроводной сети (2) состоит из этапа t) вычитания стоимости реализации виртуальной реконфигурации из экономии, полученной за счет снижения впускного давления (P_{IN}) на предложенную величину (ΔP_{decr}).

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что после этапа t) расчета потенциальной финансовой экономии (PFS), связанной с осуществлением виртуальной реконфигурации, способ включает следующие этапы:

этап u) оценки того, является ли потенциальная финансовая экономия (PFS) положительной или отрицательной;

этап v) сравнения потенциальной финансовой экономии (PFS), рассчитанной для соответствующей виртуальной реконфигурации, с одной или несколькими ранее рассчитанными потенциальными финансовыми экономиями (PFS) в результате одной или нескольких других виртуальных реконфигураций; и

этап c) сохранения по меньшей мере наибольшей расчетной потенциальной финансовой экономии (PFS) и соответствующей виртуальной реконфигурации.

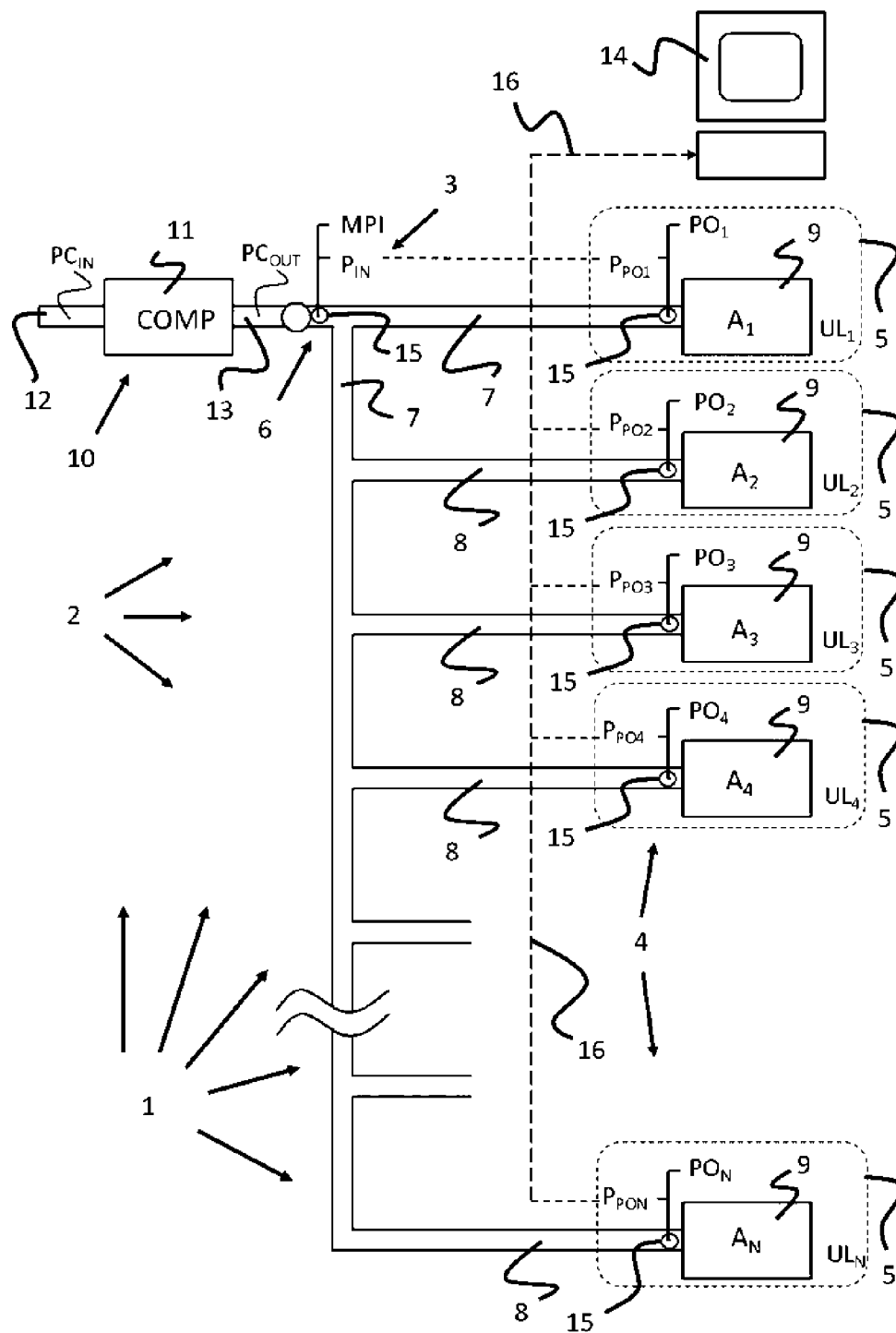
16. Способ по п.15, отличающийся тем, что он включает этап x), на котором инициируют оценку следующей виртуальной реконфигурации сгенерированного набора до тех пор, пока не будет достигнута последняя виртуальная реконфигурация, при этом повторяют этапы t), u), v) и w) несколько раз для различных виртуальных реконфигураций трубопроводной сети (2), что приводит к различной потенциальной финансовой экономии (PFS), причем на этапе c) сохраняют по меньшей мере реконфигурацию, которая связана с наибольшей потенциальной финансовой экономией, и

предлагают для реализации на этапе f).

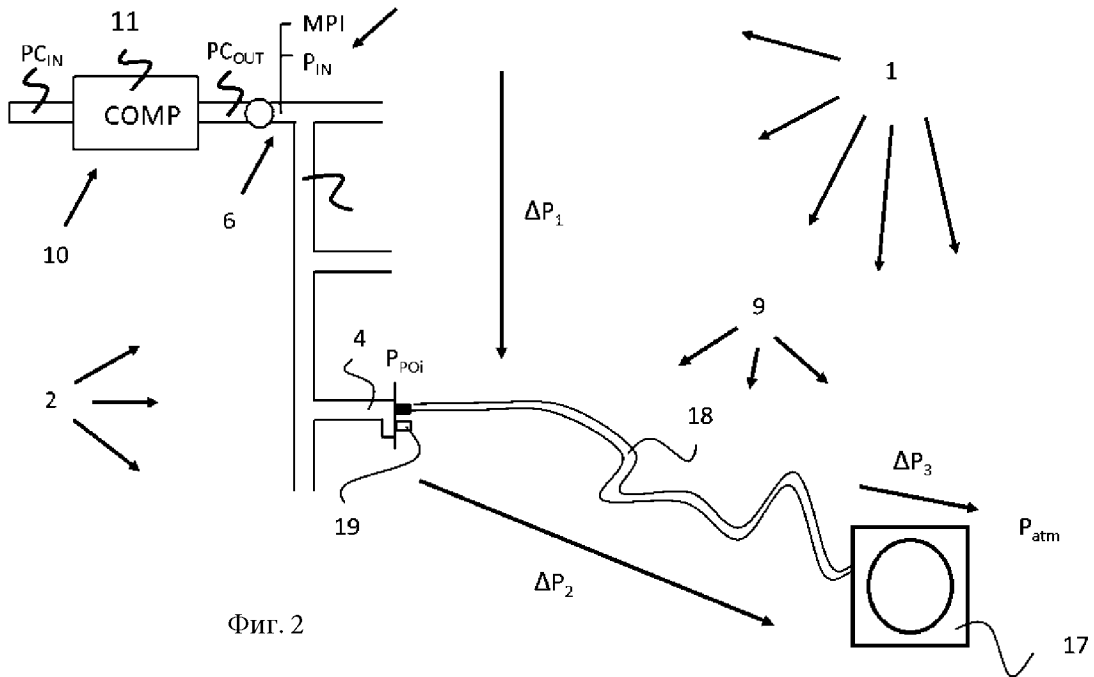
17. Способ по одному или нескольким из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что его реализуют с помощью электронных средств (14) и/или он представляет собой способ, реализуемый компьютером.

18. Устройство обработки данных или компьютер (14), отличающееся/отличающийся тем, что оно/он содержит процессор и/или компьютерную программу, предназначенные для выполнения этапов способа по одному из предшествующих пунктов.

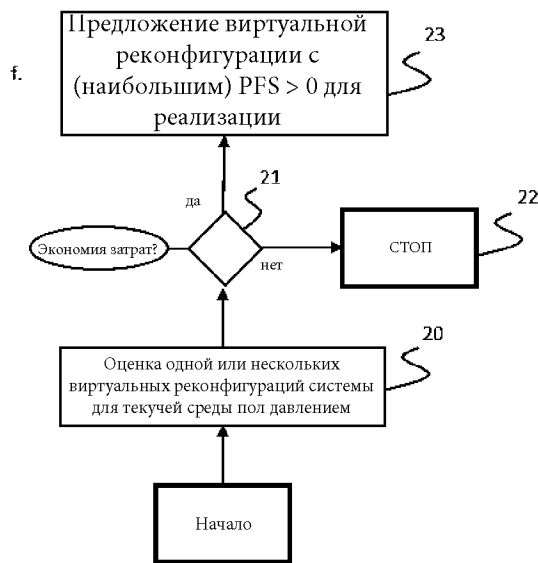
19. Компрессор (11), отличающийся тем, что он содержит устройство обработки данных или компьютер (14) по п.18.



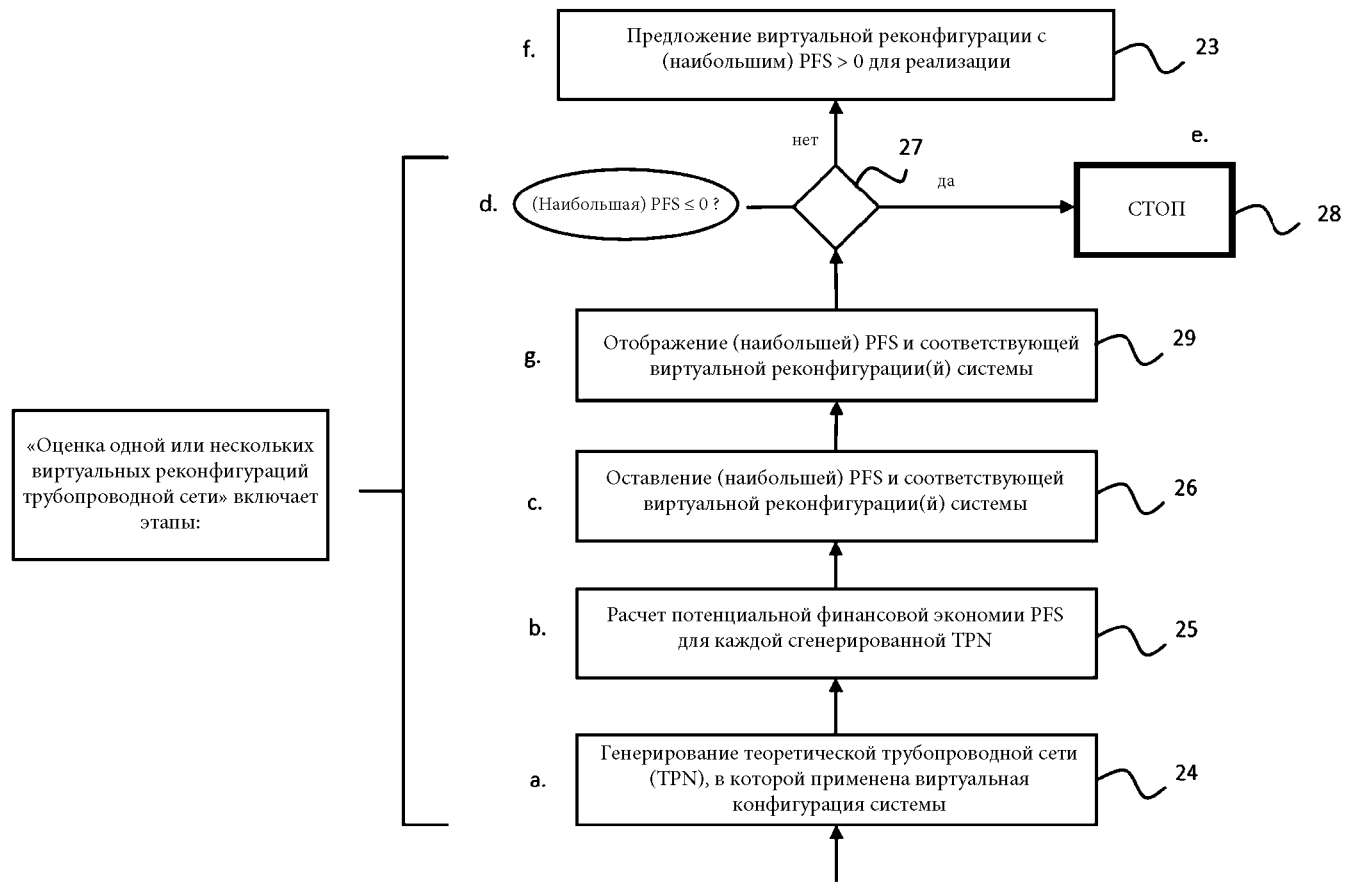
Фиг. 1



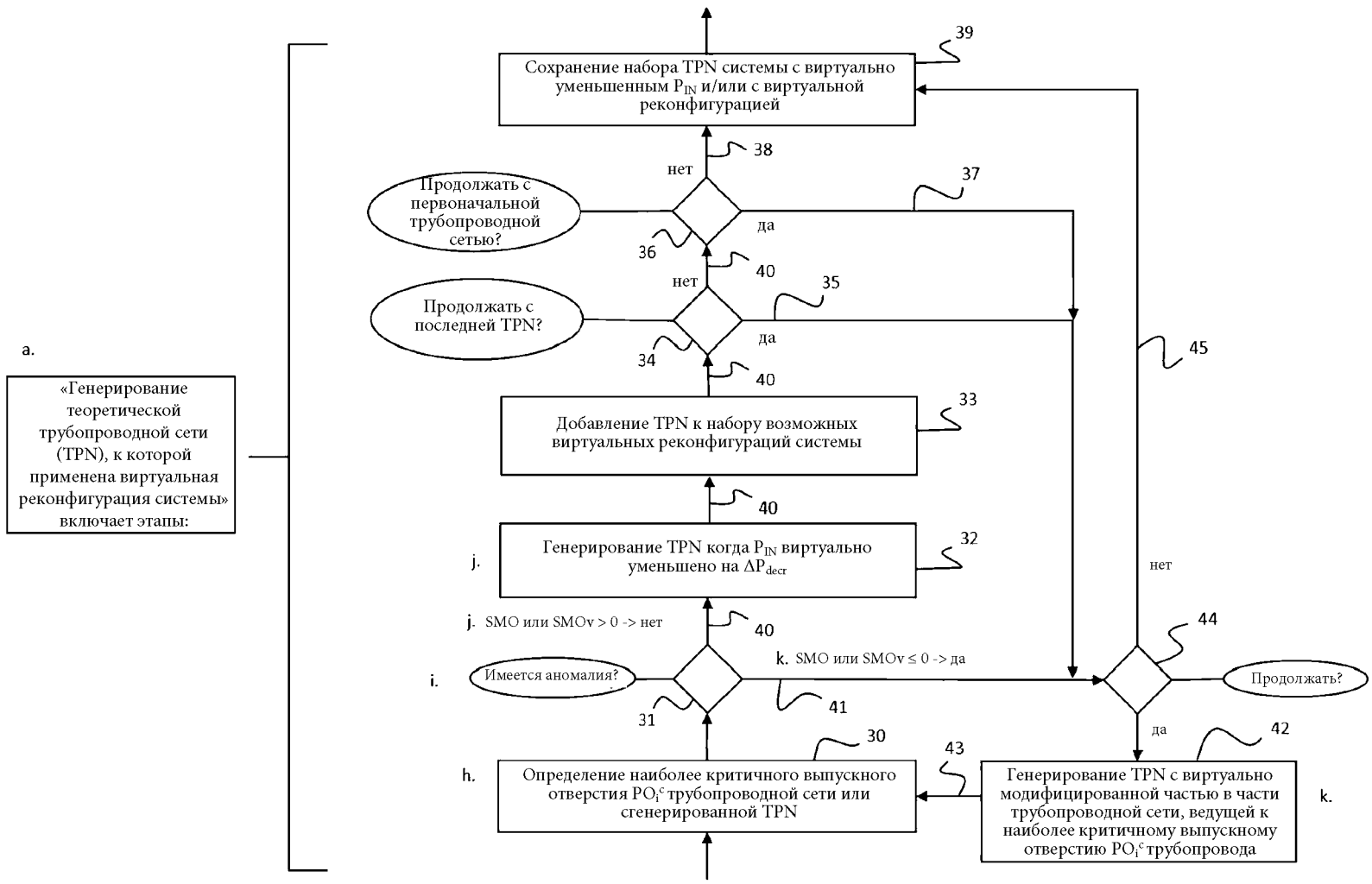
Фиг. 2



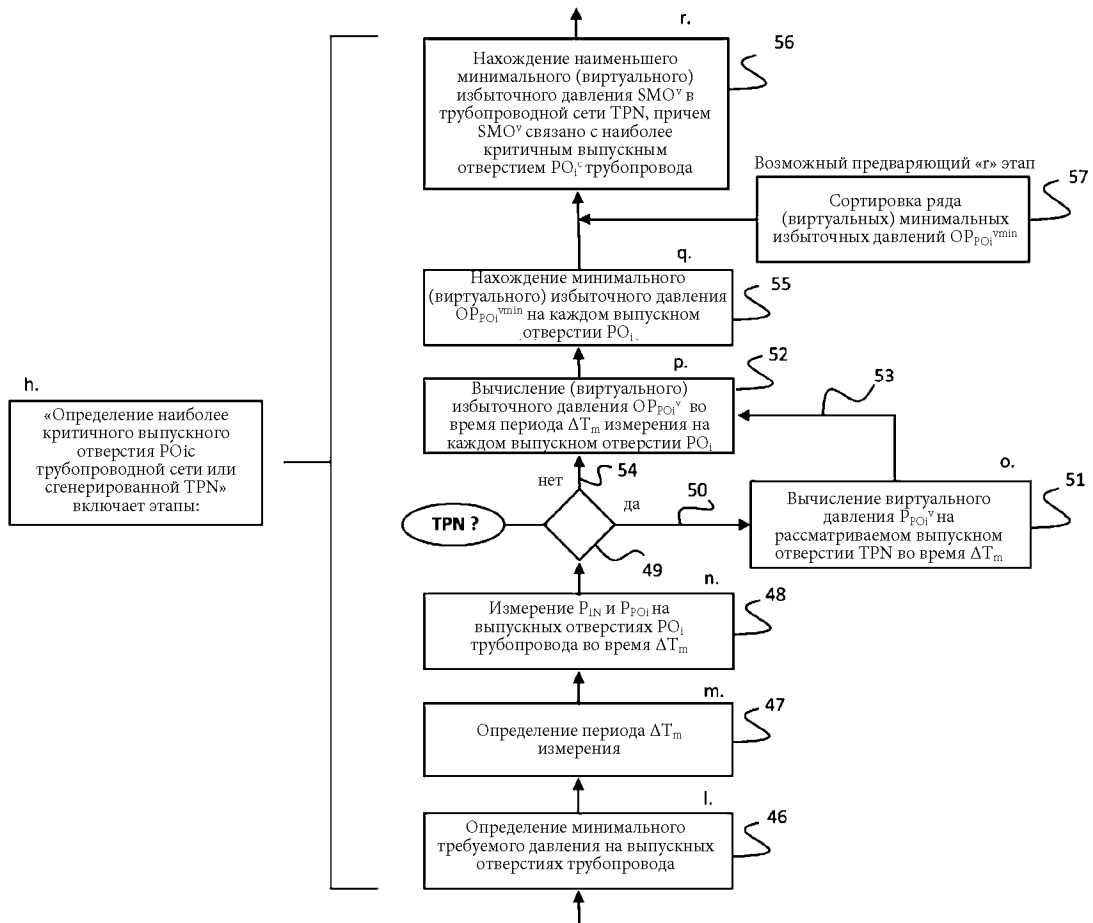
Фиг. 3



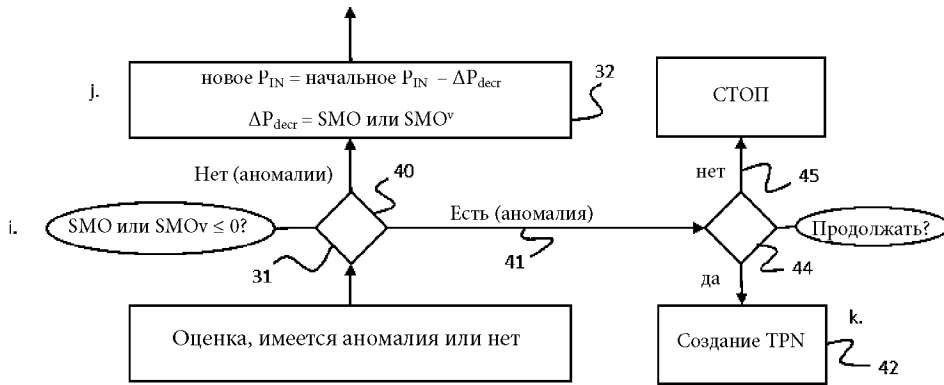
Фиг. 4



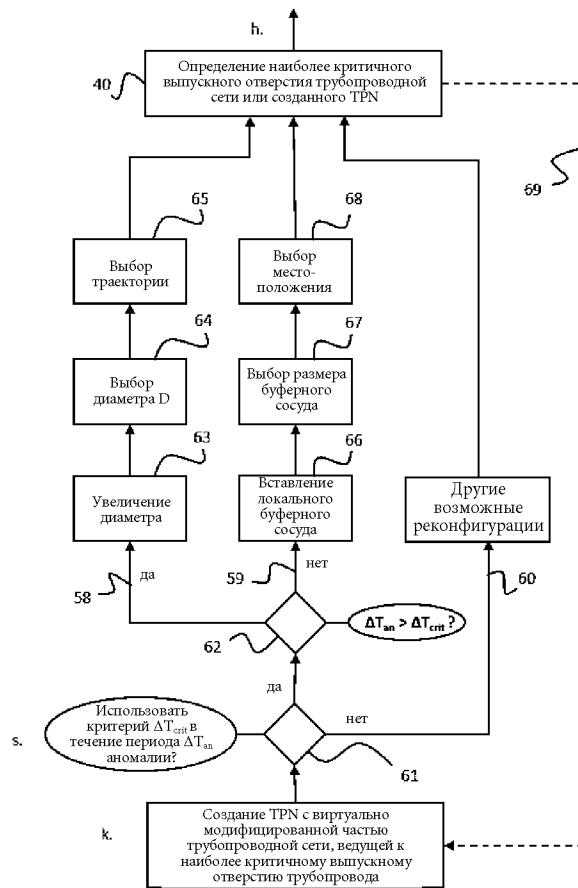
Фиг. 5



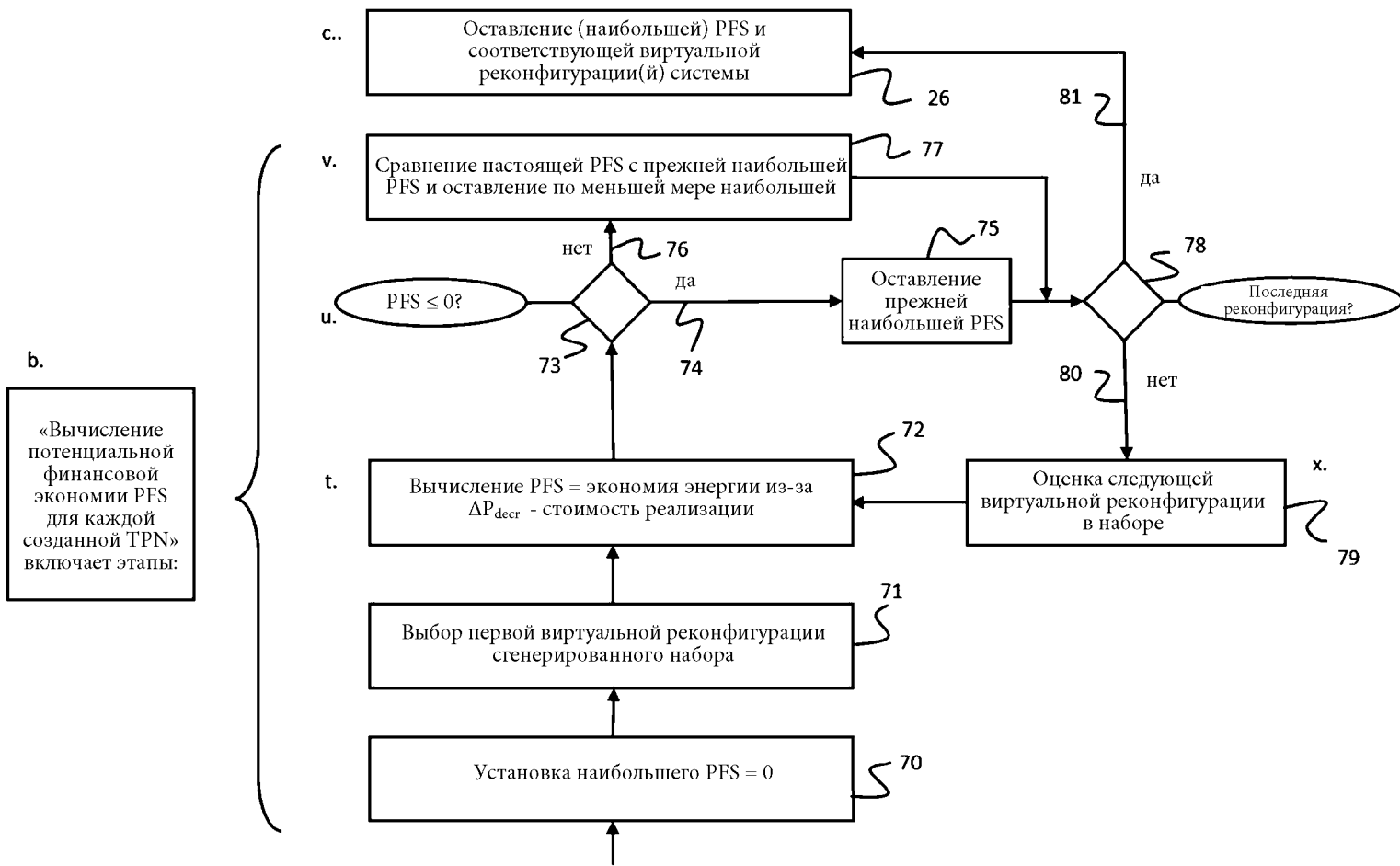
Фиг. 6



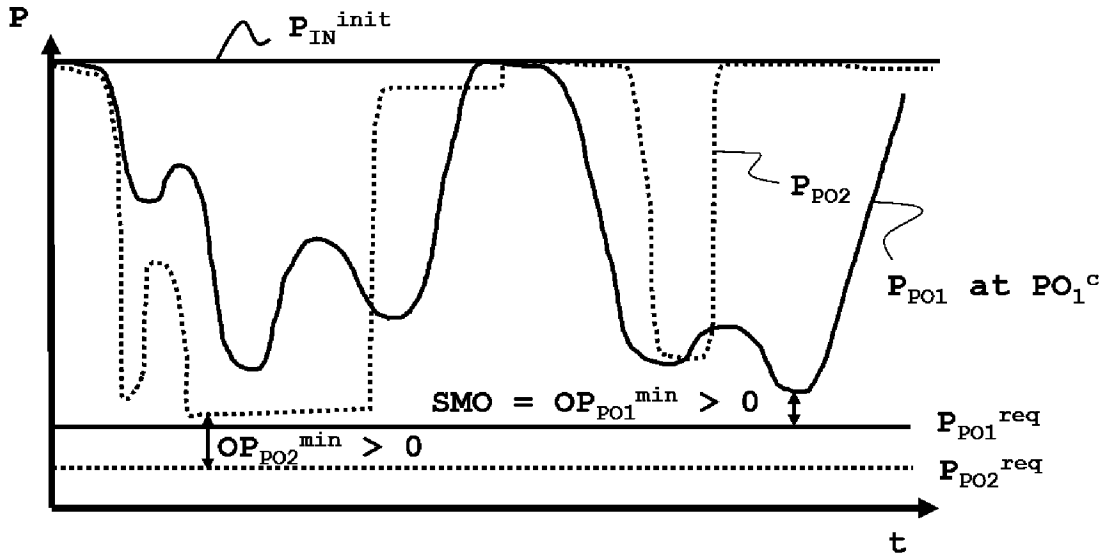
Фиг. 7



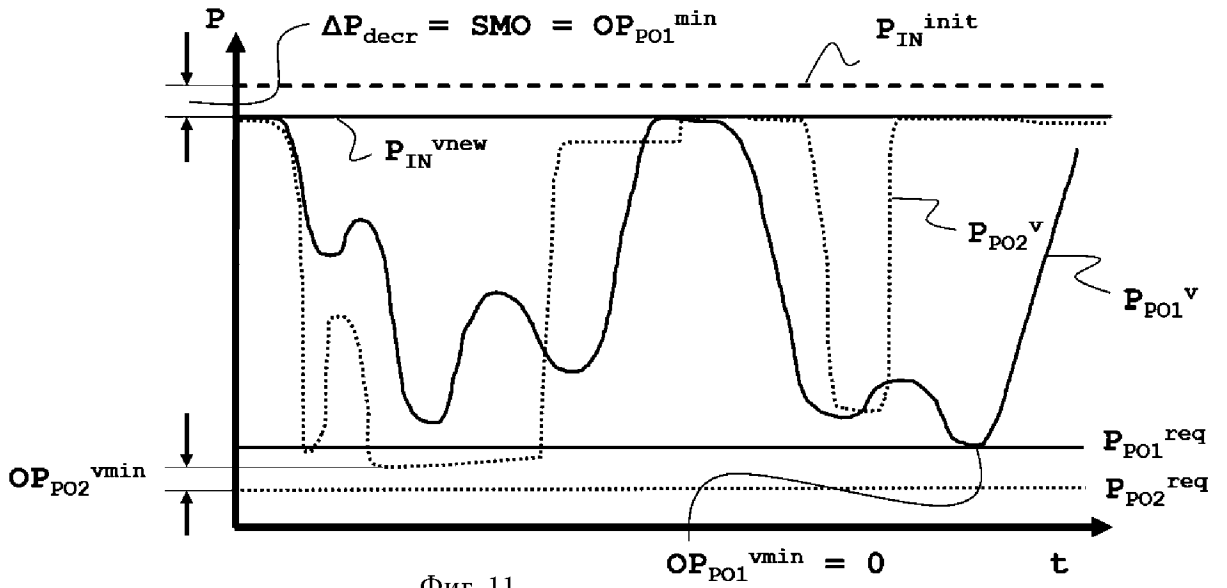
Фиг. 8



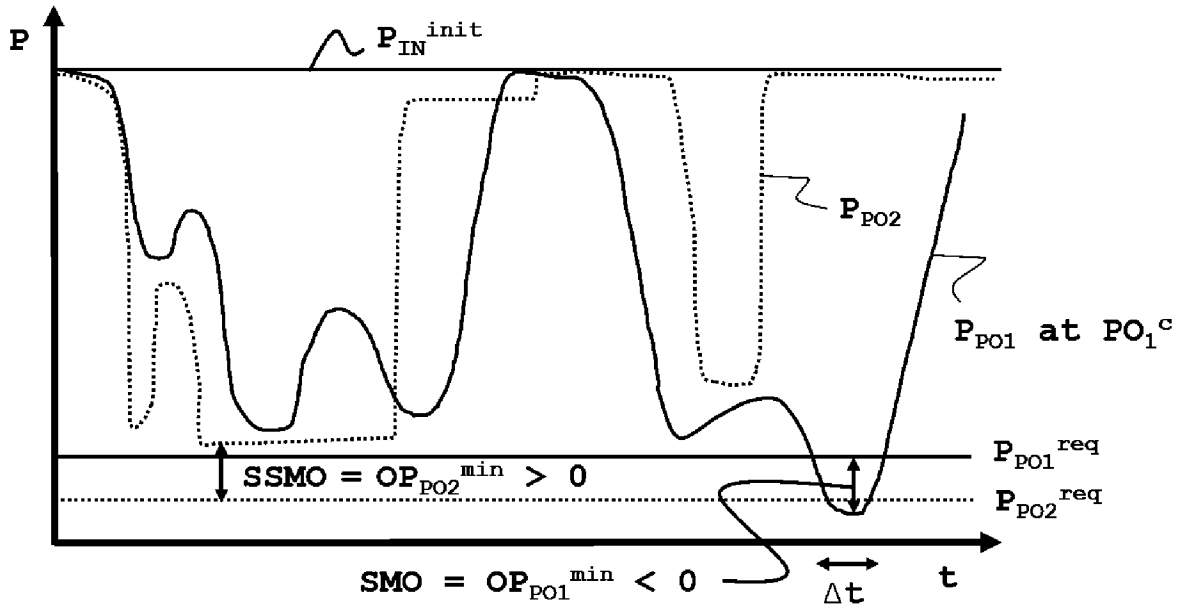
Фиг. 9



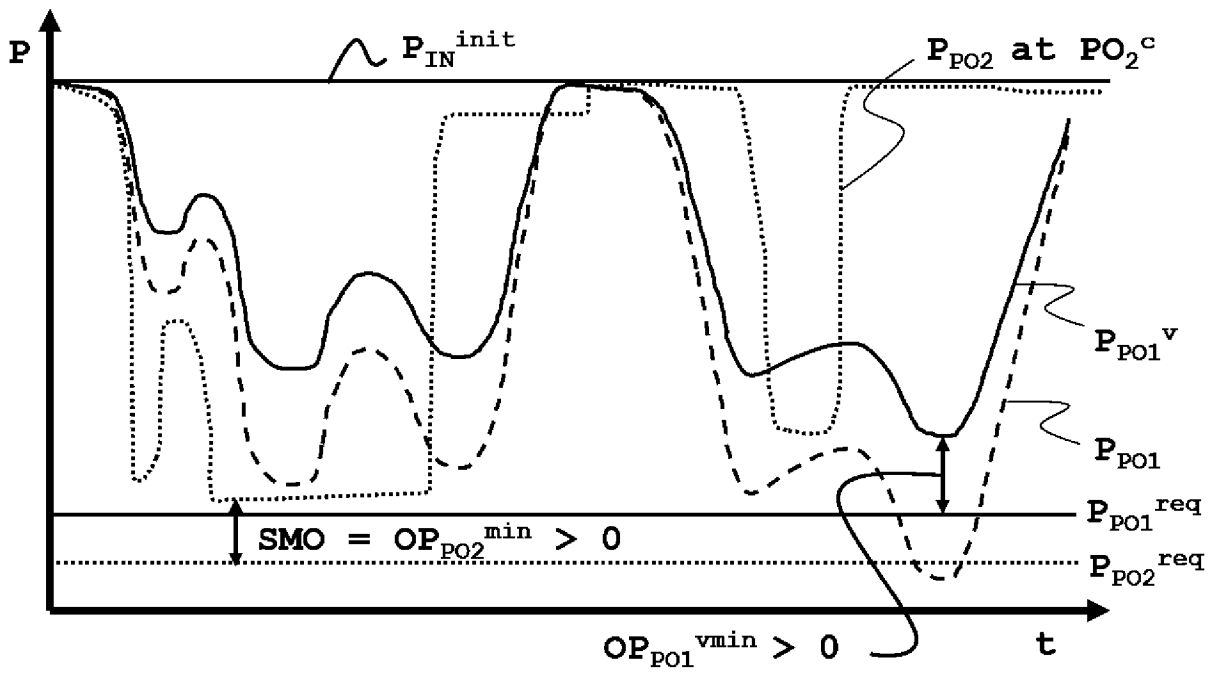
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



$$\Delta_{decr} = SMO = OP_{PO2}^{min} < OP_{PO1}^{vmin}$$

Фиг. 13

